

# Kvantifierade miljönyttor i relation till effektutjämnning

Delprojekt inom Live-in Smartgrid

Av: Hannah Carlsson Wendin & Malin Ekblad  
2021-04-16

# Innehållsförteckning

<b>Innehållsförteckning</b>	2
<b>1. Inledning:</b>	4
1.1 Syfte	4
1.2 Avgränsningar	4
<b>2. Bakgrund</b>	5
2.1 Bakgrund Live-In Smartgrid	5
2.2 Miljökvalitetsmål Sverige	5
<b>3. Metod:</b>	6
<b>4. Scenarier:</b>	7
4.1 Dagsläget	7
4.1.1 Uppsalas bussflotta	8
4.1.2 Storkök och effekttoppar	9
4.1.3 Dagsläget ur ett livscykelperspektiv	9
4.2 Åtgärder:	10
4.2.1 Scenario 1: Flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion	11
4.2.1.1 Batterilagring	12
4.2.1.2 Potential för Uppsalas bussflotta	13
4.2.1.3 Jämnare effektuttag - Storkök som exempel	13
4.2.1.4 Scenario 1 ur ett livscykelperspektiv	14
4.2.2 Scenario 2: Stärka elnätet	14
4.2.2.1 Utbyggnad av elnätet	14
4.2.2.3 Scenario 2 ur ett livscykelperspektiv	15
4.2.3 Scenario 3: Utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapacitet lokalt	16
4.2.3.1 Solkraft och vindkraft	17
4.2.3.1 Vätgas	18
4.2.3.3 Scenario 3 ur ett livscykelperspektiv	18
<b>5. Diskussion</b>	19
5.1 Generell diskussion	19
<b>5.2 Miljökvalitetsmålen</b>	21
5.2.1 Begränsad klimatpåverkan	21
5.2.2 Frisk luft, Bara naturlig försurning & Ingen övergödning	23
5.2.3 God bebyggd miljö	24
5.2.4 Levande skogar & Rikt växt- och djurliv	25
5.2.5 Giftfri miljö	25
5.3 Miljödiskurs	26
<b>6. Slutsatser</b>	27

<b>Bilagor:</b>	29
Bilaga 1: Beräkningar av utsläpp från importerad stenkols-el	29
Bilaga 2: Beräkningar av utsläpp från svensk elmix	30
Bilaga 3: Beräkningar för utsläpp från bussar	32
Bilaga 4: Involverade personer i detta projekt:	33
Bilaga 5: Fördelning av material för ett vindkraftverk	34
Bilaga 6. Beskrivning av Sveriges miljö kvalitetsmål	34
<b>Källor</b>	43

# 1. Inledning:

Energifrågan är idag högaktuell för att kunna främja möjligheten att uppnå mål för hållbar utveckling (Uppsala kommun, 2020; Vattenfall, u.å). I diskussionerna kring Sveriges elnät har frågan kring effektutmaningar uppmärksamats eftersom det idag finns en risk för effektbrist i flera stora städer. Detta riskerar att bromsa samhällsutvecklingen och försvåra en elektrifiering av samhället som en åtgärd för att fasa ut fossil energi (ibid).

Följande rapport syftar till att identifiera och kvantifiera miljönyttor kopplade till Live-in Smartgrids testbädd (se [Kapitel 2.1](#)). Rapporten utgör en milstolpe inom projektet.

## 1.1 Syfte

Undersökningen syftar till att identifiera och kvantifiera miljönyttor i relation till lösningar för att hantera utmaningar kring kapacitetsbrist och effektutjämning i Uppsala.

## 1.2 Avgränsningar

Rapporten avgränsas till att presentera tre olika scenarier för att åtgärda Uppsalas nuvarande kapacitetsbrist. Syftet är att titta på miljönyttan från utjämning av effekttoppar och ökad flexibilitet, vilket presenteras i Scenario 1. Detta görs genom att jämföra Scenario 2 - stärka elnätet - och Scenario 3 - utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapacitet lokalt -, samt dagsläget med Scenario 1. Rapporten avgränsas till att identifiera och kvantifiera miljönyttan kopplat till Scenario 1. Dock är det troligt att alla tre scenarier kommer att behöva utföras i framtiden för att nå Sveriges mål med ett 100% förnyelsebart energisystem till år 2040 (Mattsson *et al.*, 2021). I rapporten är vi därför medvetna om detta, men gör ändå jämförelserna utifrån perspektivet att vi i *dagsläget* kan vinna miljönytta genom att öka flexibiliteten för att hantera kapacitetsbrist.

I rapporten har beräkningar för utsläpp gjorts för utsläpp av koldioxid, kväveoxider och svaveldioxid. De kvantifierade värdena som tagits fram är endast grova beräkningar och kan ge generella antydningar kring dessa utsläpp (för beskrivning av antaganden kring beräkningar, se [Kapitel 4.1](#)).

Sveriges miljö kvalitetsmål kommer att användas för att diskutera miljöpåverkan och miljönyttan från de olika scenarierna. De åtgärder som krävs för att Sverige ska uppnå målet med ett 100% förnyelsebart energisystem till år 2040 kan tänkas påverka samtliga 16 miljö kvalitetsmål (Mattsson *et al.*, 2021). Dock avgränsas rapporten till att endast fokusera på de miljö kvalitetsmål som kan anses vara mest kritiska i relation till dagens energisystem i Uppsala samt de olika tänkbara åtgärderna för att minska effektbristen i Uppsala. Dessa mål inkluderar miljö kvalitetsmål 1 - *Begränsad klimatpåverkan* -, 2 - *Frisk luft*, 3 - *Bara naturligt försurning* -, 4 - *Giftfri miljö* -, 7 - *Ingen övergödning* -, 13 - *Levande skogar* -, 15 - *God bebyggd miljö* - och 16 - *Ett rikt växt- och djurliv* (se *Tabell 1* och [Bilaga 6](#)).

Miljöpåverkan som kan härledas till utbyggnad av elnätet samt nya elproduktionskällor och ellagringsalternativ sker inte endast inom Sveriges gränser, utan också i andra länder. Den påverkan som sker utomlands syns inte i den nationell uppföljningen av Sveriges miljö kvalitetsmål (Mattsson *et al.*, 2021). Därför kommer rapporten även inkludera en

diskussion kring det internationella perspektivet och den miljöpåverkan som Sverige bidrar med utanför landets gränser.

## 2. Bakgrund

### 2.1 Bakgrund Live-In Smartgrid

För att säkerställa att grundläggande behov kan tillgodoses i samhällets alla olika delar är det viktigt med tillgång till el av god kvalitet. Idag finns det en risk för att effektillgången inte matchar energianvändning i flera städer, vilket hotar att bromsa samhällsutvecklingen. Regionen kring Uppsala är ett exempel på ett område som idag står inför hotet med bromsad utveckling på grund av denna kapacitetsbrist (Lindblom, 2018). Ett alternativ för att hantera detta problem är att hitta innovativa lösningar för dessa effektutmaningar. *Live-in Smartgrid* är en testbädd där just dessa typer av lösningsinnovationer kan testas och bidra till en snabbare omställning till ett effektivt energisystem (Live-in Smartgrid, u.å).

### 2.2 Miljökvalitetsmål Sverige

1990 beslutade riksdagen om att etablera femton nationella miljökvalitetsmål och 2005 antogs det sextonde (Naturvårdsverket, 2020). Miljökvalitetsmålen är riktmärken för det svenska miljöarbetet och ska vägleda landet mot en hållbar utveckling (Sveriges miljömål, 2020). Systemet av Sveriges miljömål är ett nationellt genomförande av den ekologiska dimensionen av de globala hållbarhetsmålen (ibid). Arbetet med att nå dessa mål ska genomsyra hela samhällets miljöarbete, vilket innefattar bland annat myndigheters, kommuners, näringslivets och länsstyrelsens organisationer (Naturvårdsverket, 2020). Se *Tabell 1* för en sammanställning av Sveriges miljökvalitetsmål. Miljökvalitetsmålen kommer användas som referens för att peka på olika miljönyttor och hur olika strategier för svensk energiproduktion kan bidra till att uppnå dessa mål.

**Tabell 1.** Sveriges miljökvalitetsmål (Sveriges Miljömål, u.å)

Nummer	Sveriges miljökvalitetsmål
1	Begränsad klimatpåverkan
2	Frisk luft
3	Bara naturlig försurning
4	Giftfri miljö

5	Skyddande ozonskikt
6	Säker strålmiljö
7	Ingen övergödning
8	Levande sjöar och vattendrag
9	Grundvatten av god kvalitet
10	Hav i balans samt levande kust och skärgård
11	Myllrande våtmarker
12	Levande skogar
13	Ett rikt odlingslandskap
14	Storslagen fjällmiljö
15	God bebyggd miljö
16	Ett rikt växt- och djurliv

### 3. Metod:

För att identifiera och kvantifiera miljönytta kopplat till lösningar för kapacitetsbrist och effektutjämning har en kartläggning av dagsläget samt tre scenarier tagits fram. De tre scenarierna beskriver olika tänkbara lösningar för att hantera den kapacitetsbrist som idag uppstår i Uppsala (och andra svenska städer). Scenarierna är *ökad flexibilitet och förflyttning av elkonsumention* (Scenario 1), *stärka elnätet* (Scenario 2) samt *utbyggnad energikällor och/eller lagringskapacitet lokalt* (Scenario 3). Utifrån de tre olika scenarierna har miljöpåverkan och miljönyttor kopplats till dagsläget och scenarierna. Denna koppling görs med utgångspunkt i Sveriges miljö kvalitetsmål (se *Tabell 1*).

Övergripande kvantifieringar av koldioxidutsläpp, kväveoxidutsläpp och svaveldioxidutsläpp har gjorts för dagsläget och Scenario 1. Utöver detta har litteraturstudier använts för att identifiera miljöpåverkan och miljönytta från de olika scenarierna. De ger indikationer på potentiella aspekter av miljönyttor och kan i ett framtida skede undersökas mer djupgående. Intervjuer med både personer involverade i Live-in Smartgrid och andra

sakkunniga har även genomförts för att få inblick kring hur beräkningar och kvantifiering av olika miljönyttor kan göras och för att fördjupa bilden av vilka miljönyttor som kan tänkas kopplas till projektet (se [Bilaga 4](#)).

Miljöpåverkan från dagsläget och de olika scenarierna har jämförts för att identifiera miljönytta kopplat till Scenario 1. Bedömningen av miljöpåverkan har vidare gjorts utifrån ett *livscykelperspektiv*. Detta perspektiv inkluderar ‘vagga till grav’, vilket innebär att hela livscykeln hos en produkt analyseras; produktion av material, konstruktion, användning, restprodukthantering samt återvinning (Strinsjö & Mårtensson, 2016).

## 4. Scenarier:

I följande kapitel presenteras en kartläggning av dagsläget och tre olika scenarier som representerar tre olika tänkbara åtgärder till effekt-och kapacitetsbristen i Uppsala. Miljöpåverkan och miljönyttor beskrivs under de respektive scenarierna.

### 4.1 Dagsläget

I dagsläget har Uppsala, precis som andra större stadsregioner i Sverige, kapacitetsbrist i elnätet (Uppsala kommun, 2020). Detta innebär att det uppstår effektbrist, vilket är en högaktuell utmaning och mycket fokus läggs på att hitta lösningar (Vattenfall, u.å). Uppsalas effektbrist inträffar mellan 150 och 200 timmar om året (Uppsala kommun, 2020). Under de timmar när effektbrist uppstår importerar Sverige el för att säkerställa försörjningen (Svenska kraftnät u.å). I *Tabell 2* presenteras ett generaliserat värde för den totala importen av energi för hela Sverige under effekttoppar. *Tabell 2* presenterar även generaliserade värden för utsläpp av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid från den importerade elen. Data för antalet timmar av import är hämtade från SVKs elstatistik, och upplösningen som användes var tim-data för år 2019 och år 2020 (Svenska kraftnät, 2021). Beräkningarna för den generaliserade importen baserades på de 200 timmar för respektive år med högst totalförbrukning och samtidigt högst nettoimport för hela Sverige. De timmar med hög totalförbrukning och nettoexport sorterades därefter bort utifrån antagandet att Sverige under dessa timmar inte har ett underskott i den svenska elproduktionen. Elimport under brist-timmarna antas komma från stenkolsbaserad elproduktion. Schablonvärden för denna typ av elproduktion användes därför för att beräkna ett grovt generaliserat värde för utsläpp av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid från den importerade elen. Se *Box 1* för beräkningsantaganden, se [Bilaga 1](#) för schablonvärden för stenkolsproducerad el samt detaljerade beskrivning av beräkningarna.

**Box 1.** *Antaganden vid beräkningar av utsläpp från importerad el.*

1. När el importerats under effekttopparna är det till följd av ett underskott i svensk elproduktion.
2. Timmar med export av energi sammanfaller inte med timmar av effekttoppar. Under de timmar med export har Sverige inte problem med att upprätthålla balansen och behöver därmed inte importera el.
3. Den importerade elen är stenkolk och schablonvärdet för utsläpp baseras därmed på utsläpp från stenkolsbaserad elproduktion. Detta görs utifrån ett antagande om att tillgångarna på förnyelsebar energi är relativt lika under samma tidpunkter i närliggande länder, och därmed importerats el som produceras av icke-förnyelsebara källor under de timmar då Sverige har behov av att importera el.

**Tabell 2.** Utsläpp från stenkolsbaserad elproduktion under effekttoppar (200 h) för hela Sverige (Data från: SVK, 2020; SVK, 2021; Vattenfall, 2012)

År	Total import mWh (effekttoppar)	T CO <sub>2</sub> eq	T NO <sub>x</sub>	T SO <sub>2</sub>
2020	497052	407583	721	353
2019	544124	446181	789	386
Medel- värde	520588	426882	755	370

Effektbrist och kapacitetsbrist utgör ett hinder för Sverige och Uppsala att följa med i samhälls- och teknikutvecklingen, vilket leder till flera konsekvenser (Eon, 2020). Företag får avslag på att expandera till nya fabriker och effektkrävande anläggningar. Att etablera nya stadsdelar möter också utmaningar till följd av denna brist (ibid), och dessa utmaningar blir extra tydliga för en kommun som Uppsala med planer på en omfattande utbyggnad av nya stadsdelar (Uppsala kommun, 2020). Arbetet med att möta den växande efterfrågan på elektrifierade transporter, att bygga fler laddplatser för eldrivna fordon och att på andra sätt använda el som bränsle försvåras också (ibid).

#### 4.1.1 Uppsalas bussflotta

För att konkretisera en konsekvens av att Uppsala idag har effektbrist kan utmaningen att elektrifiera Uppsalas stadsbussar användas som ett exempel. Bussarna i Uppsala kör cirka 1 miljon mil per år (Bussmagasinet, 2019). Fordonsflottan utgörs av totalt 185 bussar där 83 stycken drivs av biogas (GUB, 2019) och 102 stycken av HVO (hydrerade vegetabiliska oljor)



(Heimer, 2019). Detta innebär att fordonsflottan av bussar är fossilfri i Uppsala (ibid). En elektrifiering av stadstrafikens bussar är även påbörjad (Region Uppsala, u.å.). Däremot är det en stor utmaning att elektrifiera stadstrafikens fordonsflotta, vilket är en följd av dagens effektbrist och kapacitetsbrist (Uppsala kommun, 2020). I *Tabell 3* presenteras jämförande schablonvärden för om hela fordonsflottan totalt drivs av biogas eller av HVO under en genomsnittlig sträcka (1 miljon mil) per år. Decibel under drift för ett fordon presenteras också.

**Box 2. Antaganden vid beräkningar av utsläpp och buller från bussar.**

1. Uppsalas bussflotta (188 bussar) kör totalt 1 miljon mil per år sammanlagt.
2. Respektive utsläpp baseras på om samtliga bussar (188 bussar) kör på samma drivmedel.

**Tabell 3. Utsläpp och buller för olika busstyper under ett års körsträcka i Uppsala (Data från: Vattenfall, 2015).**

Busstyp	CO <sub>2</sub> eq. kg/år	NO <sub>x</sub> eq. kg/år	Partiklar PM10 kg/år	dB under drift
<b>Biogas</b>	188000	0,0003	1172	78
<b>HVO</b>	325000	1100	30	77

#### 4.1.2 Storkök och effekttoppar

Ett område där det i dagsläget finns potential för effektutjämning är offentliga storkök då dessa verksamheter är energikrävande (Belok, 2015). Detta bidrar i många städer till att målen för energianvändning överskrids och att det kan uppstå kapacitetsbrist i elnätet (ibid). En pilotstudie under paraplyprojektet Live-in Smartgrid, *Flex-o-Mat: Effektmedveten matsedel för flexibilitet och behovsanpassad elnätsdimensionering*, tittar på effektanvändning i skolkök i Uppsala (Boork, 2020). Initiala studier för ett av Uppsalas skolkök pekar på att den framdragna effekten till skolköket var mycket överdimensionerad i jämförelse med behovet. Mätningar visade att skolkökets effekttoppar var ca 400 kW och hade en varaktighet på fem till tio minuter. Ur ett perspektiv om Uppsala lokala nätverk så bidrar detta signifikant till spetslasten. Detta eftersom storkökens toppar ofta sammanfaller med Uppsalas morgontopp. Vidare är stor överdimensionering inte unikt för skolköket i förstudien, utan det förekommer i flera storkök och även i många olika typer av fastigheter. En överdimensionerad infrastruktur kan leda till att nya konsumenter inte kan anslutas till elnätet, vilket är en följd av kapacitetsbrist (ibid).

#### 4.1.3 Dagsläget ur ett livscykelperspektiv

Dagslägets energisystem omfattar många olika konsekvenser för miljön. Baserat på de svenska miljökvalitetsmålen (se *Tabell 1*) går konsekvenserna av dagens energisystem att kategoriseras

i olika områden för miljöpåverkan. I *Figur 1* beskrivs de områden som kan anses vara mest kritiska i relation till dagens energisystem i Uppsala.

Under livscykeln för en energikälla ger tillverkningsfasen och anläggningsfasen stort upphov till utsläpp. Detta på grund av den stora energianvändning som krävs för utvinning, tillverkning och transport. Vidare kan detta kopplas till miljö kvalitetsmål 1 - *Begränsad klimatpåverkan*. Utsläppen innefattar främst koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid. Utsläpp av kväveoxider orsakar både försurning och övergödning och berör därav miljö kvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning* - och 7 - *Ingen övergödning*. Vidare berör utsläpp av kväveoxider även miljö mål 2 - *Frisk luft*, framför allt kopplat till utsläpp från fordonstrafik. Långväga materialtransporter kan därför komma att påverka luftkvalitet både inom och utanför Sveriges gränser. Utsläpp av svaveldioxid bidrar till försurning, och relaterar därmed till miljö kvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning*. När det kommer till stenkolsbaserad elproduktion, som Uppsala antas importera när kapacitetsbrist uppstår, är det även användarfasen som ger upphov till utsläpp (se *Tabell 2*). Detta berör samtliga nämnda mål, men även miljö kvalitetsmål 15 - *God bebyggd miljö*. Att främja en sådan produktion som ger upphov till enorma utsläpp medverkar inte till en god regional och global miljö.



**Figur 1.** De mest kritiska områdena för miljöpåverkan i relation till dagens energisystem i Uppsala.

## 4.2 Åtgärder:

För att kunna möta framtida utmaningar med effekttoppar och tillgodose energibehov i Uppsala krävs det åtgärder (Uppsala kommun, 2020; Vattenfall, u.å). Nedan presenteras tänkbara åtgärder som kan både möta framtida utmaningar med kapacitetsbrist och tillgodose energibehovet i Uppsala. Dessa kommer att beskrivas i relation till olika typer av miljöpåverkan och miljönyttor.

#### 4.2.1 Scenario 1: Flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion

Flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion är en lösningsmetod för att hantera de ovan nämnda utmaningarna. Förflyttningar av energianvändning kan bidra till att effekttoppar, där Uppsala inte kan tillgodose tillräckligt med effekt, undvikas. Förflyttningarna kan ske genom både smarta system och styrning samt förändring av mänskligt beteende genom olika incitament. Live-in Smartgrid fokuserar på lösningar inom Scenario 1; att främja lösningar som jämnar ut effektanvändningen för att på så vis bemöta effekt- och kapacitetsutmaningarna beskrivna i bakgrunden och dagsläget.

Genom att jämna ut effekttopparna skulle utsläpp av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid kunna minska. Detta eftersom el producerad av icke förnyelsebara källor skulle kunna minska då behovet av importerad el elimineras. I *Tabell 4* presenteras ett generaliserat värde av utsläpp från den svenska elmixen under samma 200 timmar av import som sker under effekttoppar i Sverige. Ett antagande för beräkningarna är att behovet av el förblir detsamma, men att ingen el kommer från importerad stenkolsproducerad el. Se *Box 3* för beräkningsantaganden, se *Bilaga 2* för schablonvärden för svensk elmix samt beskrivning av hur beräkningarna gjorts.

##### **Box 3.** Antaganden vid beräkningar av utsläpp från svensk elmix.

1. Genom ökad flexibilitet och utjämning av effekttoppar elimineras behovet av att importera stenkolsproducerad el från andra länder.
2. Vid utjämning ersätts därför de 200 timmar som idag kräver importerad stenkolsproducerad el av svensk elmix. Det generaliserade värdet för utsläpp från den svenska elmixen hänförelse till samma antal mWh som för den importerade stenkolselen

**Tabell 4.** Utsläpp från svensk elmix under effekttoppar (200 h) för hela Sverige.

År	Total import mWh (effekttoppar)	T CO <sub>2</sub> eq	Kg NO <sub>x</sub>	Kg SO <sub>2</sub>
2020	497052	33725	65	44
2019	544124	36919	71	49
Medel -värde	520588	35322	68	46

I jämförelse med den stenkolsbaserade produktionen av el (se *Tabell 2*) minskar utsläppen av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid avsevärt om all importerad el istället ersätts med el från den svenska elmixen. Om all importerad el i Sverige kan undvikas och ersätts med svensk

elmix minskar utsläppen av koldioxid med 92%, utsläppen av kväveoxid med 91%, och utsläppen av svaveldioxid med 88%. För Uppsala antas samma minskning procentuellt, även fast den totala importen megawatt är mindre i Uppsala jämfört med hela Sverige.

#### 4.2.1.1 Batterilagring

För att jämna ut effekttoppar kan olika tekniska och beteenderelaterade åtgärder vidtas. Batterilagring är en typ av tekniska åtgärder som en del av utjämningen av effektanvändning. Genom att utveckla och implementera batterilagring är det möjligt att förskjuta elektricitet i tiden (Dahl, 2019). Detta görs genom att lagra elektricitet vid överskott för att sedan injicera tillbaka i elnätet vid behov (ibid). Till följd av batteriernas fördelaktiga förmåga så förväntas batterier att utgöra en större roll i Sveriges framtida energisystem och det kan därför vara aktuellt att analysera batteriets miljöpåverkan (Mattsson *et al.*, 2021).

I batteriets livscykel ger produktionsfasen, däribland cellproduktionen och katodframställningen, upphov till stora utsläpp av växthusgaser eftersom de är mycket energikrävande processer (Mattsson *et al.*, 2021). För den vanligaste batteritypen beräknas ett intervall på 61–106 kg CO<sub>2</sub> eq / kWh batterikapacitet (Emilsson & Dahllöf, 2019). I produktionsfasen används också ett antal miljöfarliga ämnen som t.ex. svavelsyra, natriumhydroxid och ammoniak, vilket orsakar betydande utsläpp av luftemissioner till omgivningen (Mattsson *et al.*, 2021). Vanligtvis används metalltyperna *litium*, *kobolt* och *nickel*, vilka oftast utvinns utanför Sveriges gränser. Detta har stora effekter inom olika miljöområden (ibid). Utvinning av litium sker ofta på naturskyddsområden, där viktiga platser för biologisk mångfald och världens återstående vildmarksområden hotas av det växande trycket på utvinning (Matthis, 2020). Att utvinna kobolt kan medföra arsenidmalm, vilket resulterar i negativa effekter för både hälsa och naturmiljön lokalt (Mattsson *et al.*, 2021). Vidare har nickel historiskt skapat höga svaveldioxidutsläpp och kontaminerat jorden med tungmetaller, minskat den biologiska mångfalden i havet, påverkat växtliv negativt och eroderat jorden (Dunn *et al.* 2015).

Att återvinna metallerna ur batterierna när de är uttjänta är viktigt för att minska behovet av nya råvaror (IVL, 2019). Återvinning av kobolt och nickel sker i dagsläget med relativt hög effektivitet i Europa. Litium återvinns däremot inte i stor skala på grund av återvinningskostnader, relativt lågt råvarupris och låga volymer inkommande batterier (ibid). Vidare kan återvinning av batterier också utgöra ett problem, om det inte hanteras på rätt sätt, och ge kontaminering till mark och luft, beroende på typen av metall eller ämne (Mattsson *et al.*, 2021).

Även om ett flertal kommersiella batterityper ofta förknippas med en hög grad av miljöförstöring finns det andra mer miljövänliga alternativ. Tiundaskolan i Uppsala har installerat ett energilager med natriumjonbatterier där elektrolyten är saltvatten (Nohrstedt, 2018). Denna teknik är ny, men fördelarna innefattar bl.a. mycket låg miljöpåverkan vid tillverkning och sluthantering av batteriet (Kesselfors, 2017). Dess kapacitet är 24 kilowatt (ibid). Även om detta ännu inte har implementerats i stor skala så finns det stora möjligheter att fortsätta utveckla tekniken för att mer systematiskt använda dessa saltvattensbatterier för korttidslagring i relation till utjämning av effektuttag.

#### 4.2.1.2 Potential för Uppsalas bussflotta

Genom att jämna ut effekttoppar minskar inte bara behovet av att importera stenkolsproducerad el, utan kan tillgodose en mer jämn fördelning av energi och effekt mellan olika intressenter. Exempelvis skulle det kunna möjliggöra en elektrifiering av Uppsalas bussflotta. Genom att ersätta bussar som drivs av biogas eller HVO minskas utsläppen av bland annat kväveoxid och koldioxid, vilket bidrar till renare stadsluft (Åström *et al.* 2013). Partiklar (PM10) från dessa drivmedel förorenar även vattendrag och marker, vilket kan minskas markant med eldrivna bussar (*ibid.*). En annan fördel med el som drivmedel till stora och tunga fordon som bussar är att bullernivåerna kan sänkas i stadsmiljön (Vattenfall, 2015). I *Tabell 5* presenteras jämförande schablonvärden för om hela fordonsflottan totalt drivs av biogas, HVO eller el under en genomsnittlig sträcka (1 miljon mil) per år. För beräkningsantaganden, se *Box 2*.

**Tabell 5.** Utsläpp och buller för olika busstyper under ett års körsträcka i Uppsala (Data från: Vattenfall, 2015).

Busstyp	CO <sub>2</sub> eq. kg/år	NO <sub>x</sub> eq. kg/år	Partiklar PM10 kg/år	dB under drift
<b>Biogas</b>	188000	0,0003	1172	78
<b>HVO</b>	325000	1100	30	77
<b>El</b>	7000	0	0	65

#### 4.2.1.3 Jämnare effektuttag - Storkök som exempel

För att bidra till effektutjämnning bör alla olika typer av verksamheter se över sin effektanvändning. Fastigheter runt om i Sverige blir allt energieffektivare, fastighetsägarnas kunskap allt högre och möjligheterna allt fler (Belok, 2015). Men i många fastigheter, offentligägda såväl som privatägda, har storköken passerat under radarn (*ibid.*). Detta har nu uppmärksammas, och ett exempel på ett nytt initiativ gällande storkök är det projekt som presenterades i [Kapitel 4.1.2](#) (Boork, 2020). Potentialen för att minska de högsta effekttopparna har uppskattats uppgå till minst 25 %. Om Uppsalas samtliga storkök uppnår en motsvarande minskning skulle 2 MW effekt kunna styras bort från de mest kritiska tidpunkterna. Med andra ord är storkök en typ av verksamhet med stor potential för minskade maximala effektuttag (*ibid.*).

Det är vanligt att el-infrastrukturen till nya byggen är överdimensionerade, samtidigt som många av dessa uppskattas ha betydande potential till effektutjämnning (Boork, 2020). Beroende på vilka åtgärder som används för att styra flexibiliteten genereras olika typer och grader av miljöpåverkan. Både tekniska och beteenderelaterade åtgärder kan minska de högsta effekttopparna, men för att göra en analys av åtgärderna krävs metoder för mätningar (*ibid.*). Däremot kan dessa mätmetoder bidra till miljöpåverkan. Mätutrustning för effektanvändning är ett exempel då dessa kräver material, där materialproduktion och transport av material

efterfrågar energiåtgång som kan bidra till utsläpp. Tekniska åtgärder för att minska effekttoppar kan också innebära ytterligare miljöpåverkan. Ett exempel på en teknisk åtgärd är att installera effektvakter. En effektvakt bevakar det totala effektuttaget och jämför det med ett förinställt maxtak (Nilsson & Samuelsson, 2015). Om taket riskerar att överskridas kan effektvakten koppla ur förutbestämda laster, för att sedan koppla in dem igen när utrymme finns (ibid). Beteenderelaterade åtgärder kan också i vissa fall generera miljöpåverkan. T.ex. kan ny teknik behövas såsom nya skärmar för återkoppling av effektanvändning.

Tester och mätningar av åtgärder för att jämma ut effekttoppar i storkök bidrar inte bara till att dessa toppar kan minska, utan också till att värdefulla data samlas in som sedan kan tillgängliggöras för flera verksamheter. Detta innebär att testerna visar på vilka metoder som fungerar. Därmed är det tänkbart att resursanvändningen för nästa typ av verksamhet inte blir lika stor. Med andra ord ger denna typ av pilot- och innovationsprojekt upphov till större miljöpåverkan än om någon av metoderna skulle implementeras i större skala.

#### 4.2.1.4 Scenario 1 ur ett livscykelperspektiv

Att öka flexibilitet i elnätet och möjliggöra förflyttning av energikonsumtion kan vara en åtgärd för att främja Sveriges arbete med att nå miljökvalitetsmålen. Som beskrivningen av dagsläget visar är det främsta målet 1 - *Begränsad miljöpåverkan* -, 2 - *Frisk luft* -, 3 - *Bara naturligt försurning* -, 7 - *Ingen övergödning* - och 15 - *God bebyggd miljö* - som berörs (se *Figur 1*). Genom att anta denna åtgärd kan Sverige slippa importera stenkolsbaserad el och det ökar även möjligheterna till att elektrifiera olika typer av fordon, vilket medför positiva effekter i relation till miljöpåverkan. Denna åtgärd är alltså ett angreppssätt för att minska dagslägets miljöpåverkan i relation till de nämnda miljökvalitetsmålen. Däremot kan åtgärderna (t.ex. tekniska åtgärder) för att jämma ut effekttoppar bidra till miljöpåverkan, men sett från ett långsiktigt perspektiv förväntas vinsterna vara större än förlusterna.

#### 4.2.2 Scenario 2: Stärka elnätet

I dagsläget leder flaskhalsar inom nuvarande elnät till att el- och effektbehov inte kan tillgodoses under vissa tidpunkter (Eon, 2020). Det nuvarande systemets förmåga att erbjuda flexibilitet är även den begränsande faktorn som avgör hur mycket förnyelsebar variabel el som kan integreras i systemet (Mattsson *et al.*, 2021). Detta innebär att det kommer att krävas många samverkande lösningar för att tillgodose tillgång till rätt mängd el vid rätt tidpunkt och plats (ibid). En lösning för att tillgodose tillgången och för att möta utmaningen kring kapacitetsbrist är att bygga ut elnätet. Det gäller framför allt utbyggnad av stamnätet då de stora flaskhalsarna finns där idag.

##### 4.2.2.1 Utbyggnad av elnätet

Utbyggnad av elnätet innefattar flera olika typer av miljöpåverkan. Sett ur ett livscykelperspektiv ger tillverkningsfasen (utvinning av råvaror och tillverkning av material) samt anläggningsfasen (anläggning av det nya elnätet) upphov till den största miljöpåverkan (Mattsson *et al.*, 2021). Framställningen av råvara och material som används till t.ex. elstolpar och transformatorstationer ger upphov till utsläpp av växthusgaser (Andersson, 2016). Hur mycket växthusgaser som släpps ut beror på vilken typ av material som används för

utbyggnaden (Mattsson *et al.*, 2021). Andersson (2016) har beräknat koldioxidutsläppen som kan kopplas till hela livscykeln för stamnätsinvesteringar. Beroende på vilken typ av stamnätsinvesteringar som görs så kan det ge upphov till utsläpp av 90 000 ton CO<sub>2</sub> eq. för 50 km elnät (ibid). Detta motsvarar 21% av de årliga utsläppen kopplade till effekttopporna i dagsläget, som kräver importerad el. Samtidigt kan en utbyggnad av elnätet tillgodose en ökad mängd förnyelsebar energi om ledningar kopplas till förnyelsebara energikällor (Mattsson *et al.*, 2021). En ökad andel förnyelsebar el i systemet kan medföra positiva effekter vad gäller minskade utsläpp av exempelvis koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid (ibid).

Uppbyggnad av nya transformatorstationer kräver relativt stor markanvändning (Mattsson *et al.*, 2021). Beroende på var dessa placeras kan dessa anläggningar påverka jord- och skogsbruksmark. Vidare kan denna typ av utbyggnad bidra till bl.a. habitatfragmentering, vilket kan påverka den biologiska mångfalden och särskilt känsliga arter. De ledningsgator som skapas kring elledningarna kan dock ge positiva effekter för biologisk mångfald genom öppna kantzoner. Regelbunden röjning och skötsel av kantzonerna kan bidra med öppna och artrika miljöer. Den totala påverkan på den biologiska mångfalden från utbyggnaden kan därav bli både positiv och negativ beroende på ur vilket tidsperspektiv som antas samt beroende på vilken plats utbyggnad av anläggningar sker (ibid).

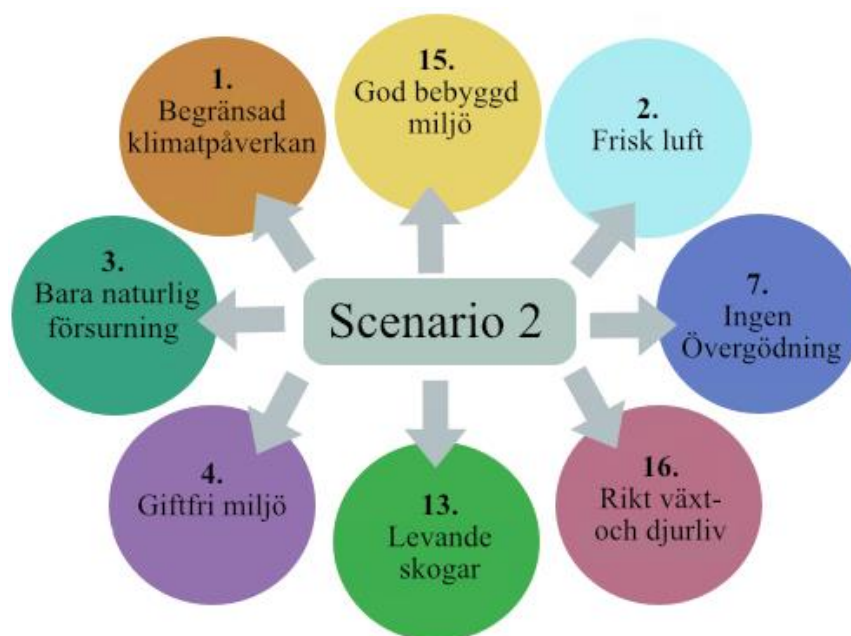
Kopplat till transformatorstationer kan också en stor användning av metaller identifieras (Mattsson *et al.*, 2021). Även elstolpar kräver råmaterial i form av metaller. Beroende på metalltyp, och var utvinningen sker kan detta tänkas ha en negativ miljöpåverkan. Gruvbrytning är en typ av verksamhet som har stora negativa miljöeffekter på den lokala platsen där gruvverksamheten sker (Sweco, 2020). Därav kan användningen av metaller tänkas påverka lokala miljöer i andra delar av världen. Vidare kan även metaller orsaka miljöpåverkan under användarfasen och återvinningsfasen i form av läckage (Mattsson *et al.*, 2021).

#### 4.2.2.3 Scenario 2 ur ett livscykelperspektiv

En utbyggnad av elnätet omfattar olika konsekvenser för miljön. Utifrån de svenska miljökvalitetsmålen (se *Tabell 1*) beskrivs i *Figur 2* de områden som kan anses vara mest kritiska i relation till Scenario 2.

Under livscykeln för utbyggnad av elnätet ger framför allt tillverkningsfasen och anläggningsfasen stort upphov till miljöpåverkan. Den stora energianvändningen som krävs vid tillverknings- och anläggningsfasen kan kopplas till miljökvalitetsmål 1 - *Begränsad klimatpåverkan* - eftersom utsläpp av koldioxid kan härledas till energianvändning. Vidare bidrar stor energianvändning till utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid. Utsläpp av kväveoxid orsakar både försurning och övergödning och berör därför miljökvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning* och 7 - *Ingen övergödning*. Vidare berör utsläpp av kväveoxid även miljösmål 2 - *Frisk luft* -, framför allt kopplat till utsläpp från fordonstrafik. Långväga materialtransporter kan därför komma att påverka den rena luften. Utsläpp av svaveldioxid bidrar till försurning, och relaterar därmed till miljökvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning*. Vidare påverkar utbyggnaden av elnätet även miljökvalitetsmål 13 - *Levande skogar* - eftersom att anläggning av nya elledningsgator och transformatorstationer kan komma att innebära nedhuggning av skog. Detta riskerar att fragmentera skogslandskapet och påverka viktiga skogsmiljöer negativt, beroende på vart denna utbyggnad sker. Vidare är detta scenario även kopplat till

negativ påverkan på miljö kvalitetsmål 16 - *Rikt växt- och djurliv* -, där fragmentering av landskapet är ett av de största problemen för den biologiska mångfalden. Behovet av metaller vid expansion av transformatorstationer påverkar detta scenario även miljö kvalitetsmål 4 - *Giftfri miljö*. Brytning av råmaterial kan tänkas ha stor påverkan i samma lokala miljö som råmaterial bryts. Vidare kan läckage av metaller ske under användarfasen och återvinningsfasen. Målet för giftfri miljö kan därför tänkas påverka både lokala miljöer inom Sveriges gränser och lokala miljöer i andra länder där brytning av råmaterial sker. Miljö kvalitetsmål 15 - *God bebyggd miljö* - är även ett mål att ta hänsyn till vid utbyggnaden av elnätet. För att uppnå målet är det viktigt att ha en god planering och struktur där elnätet ska ha minimal påverkan på omkringliggande miljö.



**Figur 2.** De mest kritiska områdena för miljö påverkan i relation till Scenario 2.

#### 4.2.3 Scenario 3: Utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapacitet lokalt

Ett annat alternativ för att möta kapacitetsutmaningen är utbyggnad av nya energikällor och/eller energilagringssystem lokalt i Uppsala. Dessa energikällor behöver placeras på rätt ställe för att undgå problemet med flaskhalsar i stamnätet (Boork, 2021). Där flaskhalsar fortfarande finns hjälper inte en utökad produktion för att lösa problemet med effektbrist. Utifrån detta antas att energikällor och lagringssystem placeras rätt och att flaskhalsar kan undgås (ibid).

Solenergi och vindenergi är olika energikällor som utgör viktiga delar av Uppsalas energisystem 2050 (Kommunledningskontoret, 2018). Energilagring utgör också en viktig komponent av detta energisystem, där vätgas ligger i fokus (ibid). Det är därför relevant att fokusera på en utbyggnad av specifikt dessa källor i Scenario 3.



#### 4.2.3.1 Solkraft och vindkraft

Utifrån ett livscykelperspektiv genererar produktionsfasen av solceller den största delen av miljöpåverkan (Molander *et al.*, 2010). Att denna spelar en så central roll beror på att produktionen är energikrävande och innebär utsläpp (ibid). En uppskattning är att en solcell ger upphov till 32 g CO<sub>2</sub> eq./kWh under hela livscykeln som antas vara 25 år (Louwen *et al.*, 2016; HemSol, 2021). Värdet är baserat på solceller producerade i Kina och med svensk genomsnittlig solinstrålning (ibid.). Vidare är den vanligaste typen av solceller på dagens marknad kristallina kiselceller (Solar Region Skåne, 2020). Råvaruutvinningen är inte bara energikrävande, utan det kan också innebära risk för läckage av silver, tenn och bly (Nohrstedt, 2017). Däremot är inte risken för läckage omfattande och återvinningsgraden är väldigt hög (ibid). Genom att Sverige expanderar produktionen av solceller kan ett par miljönyttor identifieras. En nytta är att Sverige kan öka sin export av el, vilket kan ersätta andra länders mindre miljövänliga alternativ. Detta är relevant då den europeiska elmixen släpper ut 275 g CO<sub>2</sub> eq./kWh (Martinsson *et al.*, 2012). För att sätta den siffran i relation, så bidrar den svenska elmixen med 68 g CO<sub>2</sub> eq./kWh (Vattenfall, 2012). En annan aspekt är att teknologin stöds och kostnaden sjunker, vilket är viktigt då solcellseffekt minskar både energianvändning och klimatavtryck (HemSol, 2021).

Sett från ett livscykelperspektiv ger tillverkningsfasen för vindkraftverk, liksom för solkraft, mycket stort upphov till miljöpåverkan (Energimyndigheten, 2020). Ett vindkraftverk är tungt och totala materialet för ett verk har uppskattats till 250 ton och utvinns på många platser i världen, vilka exporterar materialet. Vidare presenteras Vattenfalls beräkning från 2019 i Energimyndighetens rapport (2020), där det totala utsläppet för ett vindkraftverk är 13 g CO<sub>2</sub> eq./kWh under hela livscykeln (20-25 år). Vidare producerar Sverige ca 20 TWh från 4000 vindkraftverk per år, men vindkraftverken genererar ca 20 - 100 gånger mer energi under sin livslängd än energikostnaden för etableringen. Ett vindkraftverk består mestadels av stål och järn, men också av glasfiberkomposit, plaster och sällsynta jordartsmetaller (REE)<sup>1</sup> (se [Bilaga 5](#)). REE utvinns mest i Kina och i utvinningen uppstår radioaktivt avfall, vilket är hälsofarligt och leder till miljöförstöring. Däremot är graden av återanvändning och återvinning hög för många komponenter, men låg för glasfiberkomposit (ibid). Användarfasen ger också stort upphov till miljöpåverkan då vindkraftverk associeras med fågel-och fladdermuskollision, habitatförstöring och i vissa fall störningar som orsakar att territorium försvinner (Rydell *et al.*, 2012). Precis som med solcellproduktion går det att koppla miljönyttor till en utbyggnad av vindkraftverk. Sverige kan exportera mer el och tekniken stöds för att kunna effektivisera ett verk. Genom att stödja teknologin kan effektkapaciteten per vindkraftverk utvecklas, vilket innebär att färre enheter kan producera mer elektricitet (Energimyndigheten, 2020).

**Tabell 7.** Koldioxidutsläpp per kWh utslaget över hela livscykeln

Energikälla	CO <sub>2</sub> eq g /kWh
Sol	32

<sup>1</sup> Rare earth elements.

#### 4.2.3.1 Vätgas

När det kommer till att etablera en vätgasanläggning är det generellt utvinning av råvaror och tillverkning av material som förväntas stå för den största delen av miljöpåverkan i livscykeln (Mattsson *et al.*, 2021). Tillverkningsfasen ger upphov till utsläpp till mark, luft och vatten, ofta långt från den plats där komponenter utvinns, medan själva anläggningen orsakar en lokal förändring i markanvändningen (ibid). Mängden material och storleken på markareal beror på vilken skala som är aktuell (Johansson, 2017). Således är det svårt att göra uppskattningar av miljöpåverkan (ibid). Det går vidare åt 50 kWh energi för att producera 1 kg vätgas (Vätgas Sverige, u.å.). 1 kg vätgas genererar 33 kWh energi (ibid). Att däremot betrakta lagring med hjälp av vätgas som separat från elproduktionen och elkonsumentioner resulterar i att miljöpåverkan framstår mer negativ än vid en samlad betraktelse (Mattsson *et al.*, 2021). Lagringen tillhandahåller nödvändiga funktioner för att möjliggöra mer förnybar elproduktion, ökad elektrifiering av transportsektorn och industrin samt ökad flexibilitet (ibid). Vätgasen har funktionen att vara en åtgärd för att ge balans mellan kraft och respons under olika tidsskalor (Lund *et al.*, 2015). Balans mellan kraft och respons är viktig då utbud och efterfrågan på energin måste stämma överens med varandra under varje tidpunkt. Detta är särskilt relevant för att förnyelsebara energikällor ofta är föränderliga då de är väderberoende (ibid). En form av lagringsanläggning hade då kunnat tillgodose behovet under effekttoppar och säkerställa energitillgångar även under de dagar med effekttoppar då Uppsala behöver importera.

#### 4.2.3.3 Scenario 3 ur ett livscykelperspektiv

Att bygga ut energikällor och lagringskapacitet kan kopplas till olika konsekvenser för miljön. Utifrån de svenska miljö kvalitetsmålen (se *Tabell 1*) beskrivs i *Figur 3* de områden som kan anses vara mest kritiska i relation till Scenario 3.

Under livscykeln för utbyggnad av energikällor och lagringskapacitet ger framför allt tillverkningsfasen och anläggningsfasen stort upphov till miljöpåverkan. Den stora energianvändningen som krävs vid tillverknings- och anläggningsfasen kan kopplas till miljö kvalitetsmål 1 - *Begränsad klimatpåverkan* - eftersom utsläpp av koldioxid kan härledas till energianvändning. Vidare bidrar en hög grad av energianvändning till utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid. Utsläpp av kväveoxid orsakar både försurning och övergödning, vilket berör miljö kvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning* och 7 - *Ingen övergödning*. Vidare berör utsläpp av kväveoxid även miljö mål 2 - *Frisk luft* där långväga materialtransporter kan komma att påverka den rena luften. Utsläpp av svaveldioxid bidrar till försurning, och relaterar därmed till miljö kvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning*. Vidare kan detta scenario även kopplas till negativ påverkan på miljö kvalitetsmål 16 - *Rikt växt- och djurliv*, där främst anläggning av vindkraftverk orsakar fragmentering av landskapet och ökar risken för kollision med fåglar och fladdermöss. Detta är några av de största problemen för den biologiska mångfalden. Behovet av metaller vid utbyggnad av sol- och vindkraftverk samt vätgasanläggningar bidrar till att detta scenario även påverkar miljö kvalitetsmål 4 - *Giftfri miljö*. Miljö kvalitetsmål 15 - *God*

*bebyggd miljö* är även ett mål att ta hänsyn till vid utbyggnaden av energikällor och lagringskapacitet. För att uppnå målet är det viktigt att ha en god planering och struktur där elnätet ska ha minimal påverkan på omkringliggande miljö.



**Figur 3.** De mest kritiska områdena för miljöpåverkan i relation till Scenario 3.

## 5. Diskussion

### 5.1 Generell diskussion

Följande resultat och analys bör ses som en övergripande sammanställning och övergripande kvantifiering av potentiell miljönytta som kan genereras från i synnerhet Scenario 1 - flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion. För en mer djupgående undersökning och kvantifiering av miljönytta är det nödvändigt att genomföra beräkningar för samtliga miljö kvalitetsmål över hela livscykeln. Detta kan möjliggöra jämförelser mellan olika scenarier och på så vis synliggöra vad för miljönytta som kan genereras, men också vad för miljöpåverkan som kan undvikas genom en viss åtgärd.

Det är sannolikt att Scenario 2 och 3 ger upphov till större utsläpp av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid (påverkar miljö kvalitetsmål 1, 2, 3, 7) än Scenario 1 under ett kortsiktigt perspektiv. Dock är dessa investeringar viktiga för att möjliggöra en högre grad av förnyelsebar energi i det svenska energisystemet. Utbyggnad av t.ex. solceller och vindkraftverk kan på lång sikt stödja teknologin och därav bidra till att kostnader för etableringar sjunker, vilket i sin tur skulle kunna generera fler investeringar i förnyelsebar energi. Dessa är bara några exempel som visar på vikten av att undersöka miljönytta utifrån flera tidsperspektiv, både kortsiktiga och långsiktiga. Det är även tydligt att olika åtgärder har positiv och negativ miljöpåverkan över olika rumsliga skalor. Exempelvis kan en elektrifiering av bussar bidra till att utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid elimineras i Uppsalas lokala

miljö. Däremot kan tillverkningen av bussbatterier ge upphov till utsläpp av dessa ämnen och andra miljöskadliga ämnen på andra platser i världen, beroende på den elmix och de metalltyper<sup>2</sup> som används för framställning av batterier. Utvinning av många metaller sker också i andra länder, och gruvverksamhet är starkt förknippat med flera miljöproblem. Miljönyttor i Uppsala kan på så vis vara sammankopplade med negativ miljöpåverkan på andra platser. Vidare är flera mål, t.ex. klimatpåverkan och försurning miljöområden som inte 'stannar inom nationsgränser' utan har global påverkan eller spridning över stora områden. Att inkludera perspektiv som undersöker miljönytta i både tid och rum är därför av stor vikt.

Viktigt är det även att tillägga att Live-in Smartgrid implementerar tester av olika metoder och mätningar av åtgärder för att jämma ut effekttoppar - sett till Scenario 1. Dessa tester kan ge upphov till diverse miljöpåverkan, men kan ses som en stor investering som har potential att generera fördelaktiga förslag på hur miljöpåverkan kan reduceras på längre sikt och i större skala. Genom att testa olika åtgärder i liten skala kan det innebära att värdefulla data samlas in, vilka kan tillgängliggöras för flera verksamheter i både Uppsala och i Sverige. I testbädden kan det ge mer utsläpp och påverkan, men när det skalas upp kan det bli bättre ur många aspekter. Därmed är det tänkbart att resursanvändningen för nästa typ av verksamhet inte blir lika stor. Med andra ord ger denna typ av pilot- och innovationsprojekt upphov till större miljöpåverkan än om någon av metoderna skulle implementeras i större skala.

Att ha ett jämnt effekttuttag är en grundpelare i hållbara cirkulära energisystem, men det är även viktigt att betona att det är en av de flera viktiga komponenterna (jfr. Lund *et al.* 2015). Detta innebär att det inte räcker att investera i enbart en åtgärd för att se till att utbudet möter efterfrågan vid varje tidpunkt, särskilt under effekttoppar, utan Scenario 1 utgör ett sätt att komplettera andra åtgärder i ett cirkulärt system (ibid). Exempelvis kvarstår problemen med flaskhalsar i elnätet även om man lyckas jämma ut effekttoppar i Uppsala. Det är därför viktigt att angripa dagsläget på flera olika sätt med perspektiv om olika tidsskalor där de olika åtgärderna behöver komplettera varandra i ett cirkulärt system. Detta i syfte av att bl.a. verka för att uppnå Sveriges miljökvalitetsmål.

En del av de miljökvalitetsmål som presenterats i denna rapport är lättare att kvantifiera än andra. Detta beror delvis på tillgängliga mätmetoder och tillgänglig data. Det är vanligt att t.ex. göra beräkningar för koldioxidutsläpp, vilket gjorts för denna rapport. Däremot är mätningar för förluster av biologisk mångfald desto svårare och det finns idag inga tydliga metoder för hur detta bör göras. Olika möjligheter till att kvantifiera miljönytta relaterat till de olika miljökvalitetsmålen gör det svårt att ställa förluster och nyttor mot varandra. Svårigheter kring att kvantifiera t.ex. förlust av biologiskt mångfald gör inte att dessa mål bör bortprioriteras i diskussioner kring miljönytta. Många miljökvalitetsmål är också sammankopplade och kan påverka varandra. Exempelvis kan miljökvalitetsmål 16 - *Rikt växt- och djurliv* - påverkas av bl.a. klimatförändringar (mål 1), försurning (mål 3), gift i miljön (mål 4), och minskning av skogsmarker (mål 12). Det är därför viktigt att inkludera en helhetsbild kring dessa mål och inte endast behandla de som separata kategorier som kan vägas mot varandra.

Genom rapporten har ett livscykelperspektiv och systemperspektiv antagits. Detta kan synliggöra hur miljöpåverkan förhåller sig till tid och rum. I rapporten har även vikten av att

---

<sup>2</sup> Framför allt nickel har historiskt orsakat stora utsläpp av svaveldioxid.

undersöka *hela* livscykeln för samtliga scenarier betonats. Denna process kräver dock tillgång till stora mängder data och stora mängder tid. Ekonomiska och tidsmässiga förutsättningar, samt tillgång till data kan därför utgöra begränsande faktorer för denna typ av metodik. Detta måste tas hänsyn till när miljönyttor för Live-In Smartgrid undersöks.

## 5.2 Miljökvalitetsmålen

I följande kapitel diskuteras och jämförs de olika scenarierna (dagsläget och åtgärdsscenarioer) utifrån de olika miljökvalitetsmålen som identifierats som mest kritiska. I förhållande till miljökvalitetsmålen beskrivs påverkan utifrån både ett svenskt perspektiv och ett internationellt perspektiv. Miljöpåverkan som sker utanför Sveriges gränser inkluderas på så vis i Sveriges miljökvalitetsmål.

### 5.2.1 Begränsad klimatpåverkan

I kartläggningen av dagsläget framkom det att Sverige och Uppsala står inför effektbrist och kapacitetsbrist vid vissa effekttoppar. Detta antas resultera i att el importeras från andra länder under dessa tidpunkter av effektbrist. Baserat på de antagande som gjordes i [Kapitel 4.1](#) ger den el som importeras upphov till stora utsläpp av bland annat koldioxid (se *Tabell 2*). Det innebär att Uppsalas arbete för att uppnå målet om begränsad klimatpåverkan försvåras. Vidare kan utsläppen från den importerade elen sättas i relation till om Sverige enbart hade använt sig av den svenska elmixen. Om all importerad el kan undvikas och ersättas med svensk elmix minskar utsläppen av koldioxid med 92% under de timmar där kapacitetsbrist och effektbrist uppstår (jfr. *Tabell 2 & Tabell 4*).

Om Scenario 1 tillämpas som en åtgärd kan effektanvändningen utjämnas och effekttopparna reduceras. Detta skulle kunna minska eller helt eliminera importbehovet, vilket leder till att Uppsalas elkonsumention reducerar (de relaterade) koldioxidutsläppen. Att eliminera effekttopparna skulle därmed kunna leda till miljönytta gällande miljökvalitetsmål 1 - *Begränsad klimatpåverkan*. Även om produktionen för den importerade elen sker bortanför Uppsalas och Sveriges gränser påverkas miljön i Uppsala ändå. Koldioxidutsläpp tar inte hänsyn till nationsgränser, utan bidrar till den globala uppvärmningen som alla nationer påverkas av. Scenario 1 har som nämnt direkt påverkan på målet om begränsad klimatpåverkan, och skulle kunna bidra till minskad klimatpåverkan idag. Däremot finns det koldioxidutsläpp som kan härledas till åtgärder för att minska effekttopparna. Exemplet med skolköket kan då användas för att ringa in några områden. Produktionen av mätinstrument och tekniska lösningar ger också upphov till klimatpåverkan, men det är svårt att uppskatta behovet av teknisk utrustning och därmed hur stor klimatpåverkan blir. Förväntat är dock att resursanvändningen totalt sett skulle minska om lösningarna implementeras i större skala och i flera verksamheter. För att kunna kvantifiera miljönyttan med att jämna ut effekttoppar och därmed undvika import av stenkolsbaserad el behöver koldioxidutsläppen för effektåtgärderna beräknas, över hela livscykeln. Detta hade sedan kunnat jämföras med motsvarande utsläpp för den importerade elen. Det är vidare viktigt att undersöka potentialen med saltvattensbatterier eller andra typer av miljövänliga batterier för att undvika miljöskadliga batterier, och därmed undvika stora

koldioxidutsläpp som kan kopplas till att utvinna metaller i andra länder med höga utsläpp relaterat till deras elmix.

Att applicera Scenario 2 - stärka elnätet - som åtgärd till dagens effekt- och kapacitetsbrist är också ett alternativ eftersom stora flaskhalsar i energisystemet kan härledas till kapacitetsbrist i det svenska stamnätet. Som tidigare påvisat krävs däremot en stor råvaruutvinning och materialtillverkning för att bygga ut elnätet. Detta är en mycket energikrävande process, vilken ofta sker utanför Sverige och Europa i länder som har höga koldioxidutsläpp relaterade till elmixen. Det är troligt att Scenario 2 ger upphov till större klimatpåverkan än Scenario 1 ur ett kortsiktigt perspektiv, men ur ett långsiktigt perspektiv kommer detta kunna bidra till ett flexibelt energisystem som möjliggör att mer variabel förnyelsebar energi kan användas, vilket leder till en begränsad klimatpåverkan. Detta kan på lång sikt gynna en hållbar stadsutveckling.

Scenario 3 är ytterligare en åtgärd som kan vidtas för att minska koldioxidutsläpp relaterade till importerad el. Att bygga ut energikällor i form av solkraft och vindkraft ger dock också upphov till koldioxidutsläpp, men genererar inte dessa utsläpp under dess drifttid, utan vid produktionen. En viktig parentes är att dessa energikällor måste placeras mellan flaskhalsarna i elnätet för att kunna tackla kapacitetsbristen. För solenergi är utsläppen per kWh relativt höga, sett över hela livscykeln, (se [Kapitel 4.2.3](#)) i en kontext av svensk elmix (68 g CO<sub>2</sub> eq./kWh). Dock är utsläppen mycket lägre i relation till den europeiska elmixen (275 g CO<sub>2</sub> eq./kWh). Genom att producera mer solkraft hade Uppsala kunnat exportera mer el och ersätta el som förknippas med höga koldioxidutsläpp. Utsläppen för vindkraft är lägre än solkraft, och en expansion av vindkraftverk hade kunnat ge samma, om inte större, positiva effekter vid export. För att denna åtgärd ska kunna minska Uppsalas behov av importerad el behöver dessa energikällor placeras på rätt ställe. Detta för att undgå problemet med flaskhalsar i stamnätet. Det kan också vara värdefullt att identifiera vilka länder som exporterar materialet, dels för transportsträckan, och dels för att det är en energikrävande process och vissa länder har höga koldioxidutsläpp från sin elmix. En miljönytta som kan genereras genom att stödja teknologin är att effektkapaciteten per kraftverk kan utvecklas, vilket innebär att färre enheter kan producera mer elektricitet. Detta skulle då ha potential att minska klimatavtrycken för både solkraftverk och vindkraftverk. Vidare inkluderas en utbyggnad av vätgasanläggningar i Scenario 3. Det är svårt att veta hur mycket som släpps ut vid denna utbyggnad, men däremot så innebär en vätgasanläggning att en stor del av de kilowatt som produceras i de förnyelsebara energikällorna kan tas tillvara, även om det också kan innebära en del förluster. Detta kan innebära att utbyggnaden av energikällorna inte behöver vara lika omfattande. Att bygga ut en vätgasanläggning kan också bidra till en ökad elektrifiering av transportsektorn, vilket kan ersätta fossila bränslen och även biogas samt HVO.

Det är vidare viktigt att räkna på hur mycket mer effekt som kan omfördelas till andra verksamheter i Scenario 1 (utan att behöva importera el). Samtidigt kan det vara bra att beräkna hur Scenario 2 och 3 kan bidra till lösningar för att minska effektbristen. Exempelvis genom att beräkna hur mycket effekt som kan genereras genom att åtgärda flaskhalsar i elnätet. För att verka för en begränsad klimatpåverkan kan det vara bra att fördela effekten så att Uppsalas transportsektor kan elektrifieras. Genom att elektrifiera Uppsalas bussflotta hade 96% mindre koldioxid släppts ut i jämförelse med om bussflottan drivs på biogas, och 98% mindre än om de drivs på HVO. Biogas och HVO släpper ut relativt lite koldioxid i relation till fossila

bränslen, och därför kan det vara bra att öka möjligheterna att elektrifiera andra typer av fordon som drivs på fossila bränslen. I stor skala hade detta kunnat generera ett stort bidrag till en begränsad klimatpåverkan. För en fullständig analys av koldioxidutsläpp bör även batterityper och alternativa bränslen såsom vätgas inkluderas. Detta för att kunna bedöma kostnaden för koldioxidutsläpp kontra vinsten.

### 5.2.2 Frisk luft, Bara naturlig försurning & Ingen övergödning

Utifrån kartläggningen av dagsläget som presenterats ovan i [Kapitel 4.1](#), uppstår effektbrist i Sverige och i Uppsala under vissa tidpunkter, vilket resulterar i att import av el från andra länder krävs. Den importerade elen, som antas komma från stenkolk, ger upphov till stora utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid. Utsläppen av kväveoxid kan kopplas till miljö kvalitetsmål 2 - *Frisk luft* -, 3 - *Bara naturlig försurning* - och 7 - *Ingen övergödning*-, och utsläppen av svaveldioxid till miljö kvalitetsmål 3 - *Bara naturlig försurning*. Om Scenario 1 - flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion - tillämpas som en åtgärd för att lösa de problem som beskrivits i dagsläget, kan effekttoppar och behovet av importerad el under dessa timmar reduceras eller elimineras. Detta eftersom att samma energianvändning sprids ut istället för att som idag ske under samma tidpunkt, vilket resulterar i att effektbrist uppstår. Som presenterats i Scenario 1 leder detta till en stor minskning av utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid (Se *Tabell 2* och *Tabell 4*). I jämförelse minskar utsläppen av kväveoxid med 91% och utsläppen av svaveldioxid med 88%. Scenario 1 kan därmed bidra till en minskad påverkan vad gäller miljö kvalitetsmålen 2, 3 och 7 i förhållande till dagsläget, och utgör därför en miljönytta som projektet Live-in Smartgrid kan bidra med.

Eftersom elen som idag används under effekttoppar antas vara importerad sker utsläppen av kväveoxid och svaveldioxid framför allt utanför Sveriges gränser. Majoriteten av de svavelnedfall som sker inom Sveriges gränser kommer ursprungligen från utländska källor (Naturvårdsverket, 2020). Utsläpp av kväveoxid färdas också genom luften och kan bidra till miljö påverkan på andra platser än förbränningskällan (Västrafik, u.å.), som i detta fall antas vara ett stenkolskraftverk. Därav påverkas Sverige av kväveoxidutsläpp från andra länder (ibid.). Därför kan en minskning av den importerade elen genom Scenario 1 bidra med miljönytta både inom Sveriges gränser, och även utanför.

Vad för materialanvändning som krävs för att genomföra Scenario 1 kan komma att spela stor roll vid jämförelser av miljö påverkan i relation till både dagsläget och Scenario 2 och Scenario 3. T.ex. kan effektvakter och olika mätmetoder, som kan komma att bli aktuella för projektet med skolköken, ge upphov till påverkan på miljö kvalitetsmål 2, 3 och 7 genom energianvändning för material och tillverkning. Lösningar som kräver minimalt med nya materialinvesteringar kan tänkas generera den största miljönyttan. Beräkningar utifrån hela livscykeln för de åtgärder som används inom Live-in Smartgrid för att öka flexibilitet är nödvändigt för en mer detaljerad och kvantifierbar jämförelse i förhållande till dagsläget, Scenario 2 och Scenario 3.

För Scenario 2 - stärka elnätet - och Scenario 3 - utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapaciteten lokalt - kan svaveldioxid och kväveoxid framför allt kopplas till de utsläpp som genereras under tillverkningsfasen och anläggningsfasen i livscykeln. Detta beror till stor del på den stora mängd energi som används under dessa faser. Beroende på var materialet

tillverkas och vad för typ av energikälla som används vid tillverkningen kan dessa faser i livscykeln variera vad gäller påverkan från utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid. För Scenario 1 har nickel identifierats som ett nödvändigt material för batterier. Utvinningen av nickel har historiskt bidragit med stora utsläpp av svaveldioxid, som bidrar till ytterligare påverkan i form av försurning.

Ett annat viktigt område att undersöka är hur samtliga åtgärdsscenarier kan möjliggöra fler elanslutningar i Uppsala som kan bidra till t.ex. elektrifiering av hela Uppsalas bussflotta som idag drivs på fossilfria drivmedel (biogas och HVO), men som fortfarande ger upphov till utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid. Om hela bussflottan elektrifieras i Uppsala så elimineras dessa utsläpp helt, eftersom eldrivna bussar inte ger upphov till några utsläpp alls vad gäller kväveoxid och partiklar. Dock kan elbussarnas batterier ge upphov till utsläpp av kväveoxid och svaveldioxid i större eller mindre utsträckning beroende på vart batterierna tillverkas och vilken energikälla som används, samt vilka metaller som ingår i batteriet. I jämförelse med dagsläget kan därför samtliga scenarier bidra med positiva effekter vad gäller dessa miljömål i Uppsalas lokalmiljö vid en elektrifiering av bussflottan, men kan bidra med miljöpåverkan på andra platser genom tillverkning av bussarnas batterier. I framtiden kan det även vara önskvärt att elektrifiera andra typer av fordon för att minska denna påverkan, och för Uppsala finns sådana planer i Uppsala kommuns Energiprogram 2050 (Uppsala Kommun, 2018). För en fullständig analys kan liknande beräkningar göras för andra typer av transportmedel.

### 5.2.3 God bebyggd miljö

Scenario 1 - att jämna ut effekttoppar i Uppsala - kan ses som en åtgärd till dagsläget och samtidigt verka för en god bebyggd miljö. I dagsläget är antagandet att Uppsala importerar stenkolsproducerad el vid tidpunkter av effekttoppar. Detta innebär att Uppsala främjar en anläggning och produktion som bidrar till stora kvantiteter av miljöskadliga utsläpp (se *Tabell 2*). Med denna import bidrar inte staden till att främja en reducerad global miljöpåverkan och värna om naturvärden. För att minska behovet av import kan effekttoppar i Uppsala jämnas ut, innebärande att infrastrukturen utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktig god hushållning av energi främjas, vilket inkluderas i miljömål 15 - *God bebyggd miljö*. Scenario 1 kan också leda till en mer jämn effektfördelning i samhällets olika sektorer. Detta innebär att Uppsalas fordonsflotta kan i högre utsträckning elektrifieras. Genom att elektrifiera tunga fordon kan dB per drift och fordon reduceras med minst 15 % (se *Tabell 5*), vilket medverkar till en god regional miljö.

För Scenario 2 - stärka elnätet - och Scenario 3 - utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapaciteten lokalt - kan miljömål 15 - *God bebyggd miljö* främst relateras till markanvändning. Visserligen kan dessa åtgärder minska behovet att importera el och att fordonsflottan kan elektrifieras i högre grad, men faktum är att det kräver planering av markanvändning. Om detta mål ska uppnås är det viktigt att t.ex. bygga ut elnätet alternativt stärka elnätet så att det inte påverkar värdefull mark eller vattendrag. En aspekt som kan behöva inkluderas är en värdering av olika miljöpåverkansområden. Exempelvis kan det finnas behov av att bygga längre elnätsträckor så att det inte påverkar mark och naturvärden negativt, men däremot kan detta härledas till en högre grad av materialanvändning. Med andra ord behöver



fågelvägen inte nödvändigtvis vara det bästa sett från ett perspektiv om bebyggelse, även om det kräver mindre material. Därför kan det vara viktigt att göra dessa beräkningar utifrån både ett perspektiv om klimat och ett om markanvändning, för att sedan göra en värdering. Detta kan även appliceras på liknande sätt inom Scenario 3 då det är viktigt att fundera över var anläggningarna kan placeras för att inte inverka negativt på den omgivande miljön, men samtidigt placera t.ex. solceller på rätt ställe för att undvika flaskhalsarna i elnätet. Vidare är det även essentiellt att titta på vart materialet bryts för att kunna se till den globalt goda bebyggda miljön, som utgör en del av mål 15.

#### 5.2.4 Levande skogar & Rikt växt- och djurliv

I jämförelse med dagsläget och Scenario 1 - flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion - kan Scenario 2 - stärka elnätet - och Scenario 3 - utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapacitet lokalt - tänkas ha mycket större påverkan på miljö kvalitetsmål 12 - *Levande skogar* - och 16 - *Rikt växt- och djurliv*. Detta beror på att utbyggnaderna i Scenario 2 och Scenario 3 involverar stora infrastrukturinvesteringar som kan komma att ta mycket mark i anspråk. Utbyggnad av elnätet, Scenario 2, kan komma att innebära konkurrens om mark. Vid utbyggnad av elnät huggs (eventuell) skog ner där elnätsgator etableras (jfr. Andersson, 2016). Även etablering av transformatorstationer kan bidra till nedhuggning av skog och tar relativt stor mark i anspråk. Vidare byggs även infrastruktur i form av vägar kring elnätsgator och transformatorer. Påverkan på mark och skog beror dock på vart utbyggnad av elnätet planeras att placeras. Minskning av skogsmark och ökat markanspråk kan leda till fragmentering av skog, vilket påverkar skogens biologiska mångfald, men också kultur- och rekreationsvärden. Denna fragmentering påverkar inte bara miljö kvalitetsmål 12 - *Levande skogar* - utan även mål 16 - *Rikt växt- och djurliv*. Kopplat till de batterier som ingår i Scenario 1 har användning av litium identifierats. Utvinning av litium sker inte sällan i naturreservat och medför en stor påverkan på biologisk mångfald i den lokala miljön. Vidare kan utbyggnaden av framför allt vindkraft, Scenario 3, påverka fåglar och fladdermöss, och därmed även mål 16. Att beräkna förlusten av biologisk mångfald kan vara svårt (jfr. Mattsson *et al.*, 2021), framför allt i dessa hypotetiska scenarier utan information kring var olika typer av utbyggnader placeras. God planering kan ge minskade effekter på dessa två miljö kvalitetsmål, men eftersom både Scenario 2 och 3 kan beskrivas som stora infrastrukturprojekt finns en stor risk för att de kommer ha en negativ påverkan på biologisk mångfald genom markkonkurrens och fragmentering av landskapet (jfr. *ibid.*). Scenario 1 kan i jämförelse med Scenario 2 och Scenario 3 antas ha mindre påverkan på levande skogar och ett rikt växt- och djurliv. På så vis kan miljönytta i form av att undvika en ökad påverkan på dessa två mål identifieras i förhållande till Scenario 1.

#### 5.2.5 Giftfri miljö

Scenario 1 - flexibilitet och förflyttning av energikonsumtion -, Scenario 2 - stärka elnätet - och Scenario 3 - utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapacitet lokalt - är förknippade med materialanvändning med påverkan på miljö kvalitetsmål 4 - *Giftfri miljö*. För samtliga scenarier kan olika typer av metaller identifieras som ingående komponenter. Många av dessa bryts i andra länder och inte inom Sveriges gränser. För Scenario 1 har bland annat kobolt, nickel och

litium identifierats som material som används för batterier. Dessa tre metaller har påverkan på lokala miljöer där de bryts, och påverkar både människors, och växt- och djurlivets hälsa. Om batterier med mindre miljöpåverkan används, t.ex. saltvattenbatterier som diskuterats ovan, blir påverkan från Scenario 1 på detta mål mindre. Beroende på vilka åtgärder som görs i Scenario 1 för att minska effektopparna, kan materialanvändning för t.ex. effektvakter kopplas till negativ påverkan på detta miljömål. För utbyggnad av elnätet (Scenario 2) krävs också metaller, delvis för kablar (luft- mark - och sjökablar) och delvis transformatorstationer. Beroende på exakt vilka metaller som används påverkar graden av påverkan på detta mål. Vidare bidrar Scenario 3 med användning av platinametaller som har påvisats kunna ha negativ påverkan på däggdjurs hälsa. Beroende på vad för metaller som används och hur mycket i de olika scenarierna kommer påverka hur mycket negativ påverkan samtliga scenarier har på miljökvalitetsmålet om giftfri miljö. I jämförelse med dagsläget är det troligt att alla tre scenarier ger upphov till negativ påverkan på detta mål i jämförelse med dagsläget eftersom de kräver nya materialinvesteringar.

### 5.3 Miljödiskurs

Vad som anses utgöra ett miljöproblem och hur människor relaterar till miljö och dess relaterade problem är en diskurs som har förändrats över tid, och som inte alla är överens om (Dryzek, 2005). Hur människor relaterar till grundmässiga koncept kring 'miljön' kan förändras dramatiskt över tid och mellan person. Miljöproblem tenderar att vara komplexa och multidimensionella. De involverar ekosystem, men också mänskliga sociala system. Hur människor agerar är ofta influerat av specifika diskurser, som påverkar hur/om människor upplever någonting som ett problem eller inte (ibid). En diskurs konstruerar en historia kring hur saker och ting står till, och bidrar till hur vi tänker kring saker, men påverkar också hur vi kommer agera och vad vi t.ex. upplever som rätt och fel i olika situationer (Habermas & Rehg, 1997; Bergström & Boréus, 2012). Med andra ord är detta definitionen av vad en diskurs är. Hur vi pratar om miljöproblem och vad för aspekter vi lägger fokus på är en viktig dimension att fundera kring (Dryzek, 2005). För att bidra till en djupgående fundering kring vad som kan anses vara hållbart, eller inte hållbart, så är det viktigt att inte fastna i ett låst perspektiv eller ett fokusområde (ibid). Exempelvis är det viktigt att inte enbart inkludera klimatfrågor, som visserligen är essentiella, utan även inkludera ett bredare perspektiv av frågor som ingår i en miljömässig hållbarhet. Ofta går också miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet hand i hand, och står inte nödvändigtvis emot varandra. Att prata om de olika miljöpåverkan och miljönyttor, som genereras från t.ex olika projekt inom Live-In Smartgrid, kan synliggöra olika aspekter av vad det innebär med miljöpåverkan och vilka områden som framför allt är essentiella för just det projektet. Genom en ökad diskussion kring varför vi gör saker och vad det miljömässigt kan bidra med, både positivt och negativt, kan bidra med en ökad uppmärksamhet kring dessa frågor bland aktörer involverade i dessa projekt. Dessa aktörer kan i sin tur bidra till att inkludera ett bredare perspektiv i miljödiskursen i sin kommunikation om energisystem med andra aktörer. Genom att låta t.ex inblandade aktörer utföra en miljödeklaration. Ett utkast på en miljödeklaration finns i [Bilaga 7](#). Vid påbörjandet av ett arbete är ett relativt enkelt sätt för att utöva positiv påtryckning när det kommer till att tänka till kring miljöpåverkan, både positiv och negativ. En miljödeklaration skulle också kunna

användas som material för att göra grova kvantifieringar av vad för nyttor som Live-In Smartgrid kan bidra med, genom att se t.ex vilka miljömål som projekten berör till störst del. Detta är också ett sätt att uppnå någon slags kvantifiering av hur åtgärder bidrar till en ökad medvetenhet kring miljöpåverkan bland aktörerna.

## 6. Slutsatser

Denna rapport har fokuserat på att övergripande både sammanställa och kvantifiera miljönytta som kan genereras av att öka flexibilitet i energisystem och förflytta energikonsumtion i Uppsala, vilket har presenterats under Scenario 1. För att kvantifiera miljönyttor relaterade till Scenario 1 har en jämförelse gjorts mot en kartläggning av dagsläget, men även mot Scenario 2 - stärka elnätet - och Scenario 3 - utbyggnad av energikällor och/eller lagringskapaciteten lokalt. Dessa scenarier ses som åtgärder för att generera lösningar till effekt- och kapacitetsbrist under effekttoppar i Uppsala. Under effekttopparna antas att stenkolproducerad el importeras. Genom att vidare hänga upp scenarierna på Sveriges miljö kvalitetsmål, som går att koppla till Uppsalas energiförsörjning, är det möjligt att identifiera olika områden för miljöpåverkan och kvantifiera miljönyttan per område. Därmed är det viktigt att inte enbart inkludera klimatfrågor, som visserligen är essentiella, utan även inkludera ett bredare perspektiv av frågor som ingår i en miljömässig hållbarhet.

Det är sannolikt att Scenario 2 och 3 som åtgärder ger upphov till en högre grad av miljöpåverkan i jämförelse med Scenario 1, sett från ett kortsiktigt perspektiv. För en mer djupgående undersökning och kvantifiering av miljönytta är det nödvändigt att genomföra beräkningar för både Scenario 2 och 3 samt samtliga miljö kvalitetsmål över hela livscykeln. Detta kan möjliggöra jämförelser mellan olika scenarier och på så vis synliggöra vad för miljönytta som kan genereras, men också vad för miljöpåverkan som kan undvikas med specifika åtgärder. Däremot är investeringar i åtgärder inom Scenario 2 och 3 nödvändiga för att möjliggöra en högre grad av förnyelsebar energi i det svenska energisystemet långsiktigt. Detta kan generera att Uppsala undviker effekt- och kapacitetsbrist på längre sikt i takt med att städer, samhällssektorer och industrier växer, vilket ökar efterfrågan på effekt. Utöver denna möjlighet kan Uppsala och Sverige exportera mer förnyelsebar energi som kan ersätta andra länders elproduktion med högre miljöpåverkan. Däremot kan satsningar inom Scenario 1 generera många fördelar, med en lägre grad miljöpåverkan, på kortare sikt och har potential att spara in på flera miljö kvalitetsmål. Med andra ord, sammantaget är det viktigt att angripa dagsläget på flera olika sätt med perspektiv om olika tidsskalor där de olika åtgärderna behöver komplettera varandra i ett cirkulärt system. Detta med syfte att reducera miljöpåverkan.

Genom att genomföra Scenario 1 kan ett flertal miljönyttor uppstå, vilka har identifierats och kvantifierats i detta projekt. I Uppsala uppstår det effektbrist under effekttoppar, vilket innebär att stenkolsbaserad el importeras (se antaganden i *Box 1*). Att undvika denna import hade 92 % koldioxidutsläpp, 91 % kväveoxidutsläpp och 88 % svaveldioxidutsläpp reducerats. Det hade även funnits möjlighet att elektrifiera mera. Därför har även en beräkning gjorts för om hela Uppsalas bussflotta hade elektrifierats. Utsläpp för kväveoxid och partiklar skulle elimineras helt, utsläpp av koldioxid skulle minska med minst 95 % och buller (per fordon under drift) med minst 15 % (se *Tabell 5*). Om andra fordon, t.ex.

fordon som drivs av fossila bränslen, också skulle elektrifieras skulle de faktiska utsläppssiffrorna bli mycket lägre än dagens utsläpp från Uppsalas bussflotta då denna drivs av biogas och HVO. En annan miljönytta som har identifierats inom Scenario 1 är att miljödiskursen kan förändras och påverkas, och spridas till ett flertal aktörer. Genom att aktörer deltar i Live-in Smartgrid kan olika aspekter inom aktörernas miljöpåverkan synliggöras. Denna medvetenhet kan sedan spridas vidare till aktörernas egna nätverk.

Tester och mätningar av åtgärder för att jämma ut effekttoppar (inom Scenario 1) bidrar inte bara till att dessa toppar kan minska, utan också till att värdefulla data samlas in som sedan kan tillgängliggöras för flera verksamheter. Detta innebär att testerna visar på vilka metoder som fungerar. Därmed är det tänkbart att resursanvändningen för nästa typ av verksamhet inte blir lika stor. Med andra ord ger denna typ av pilot- och innovationsprojekt upphov till större miljöpåverkan än om någon av metoderna skulle implementeras i större skala. När framgångsrika åtgärder har identifierats och kan implementeras i större skala, även om miljöpåverkan kan vara större vid testerna i liten skala, kan den kvantifierade miljönyttan realiseras inom många olika områden. Detta möjliggör flexibilitet, vilket kan kopplas till ett flertal miljönyttor eftersom det kan hjälpa med omställningen till förnyelsebara energisystem.

De identifierade och kvantifierade miljönyttorna arbetar samtliga mot miljö kvalitetsmålen som staplats upp och diskuterats i denna rapport (se t.ex. *Figur 3*). Däremot är troligtvis samtliga miljö kvalitetsmål påverkade på ett eller annat sätt då de är sammankopplade med varandra. Svårigheten i detta projekt har varit att kvantifiera alla aspekter inom samtliga mål. Därmed är en slutsats att ett mer omfattande arbete kan behöva göras för att få en ytterligare detaljerad bild av olika åtgärder och hur dessa sammanhänger med de olika miljö kvalitetsmålen.

## Bilagor:

### Bilaga 1: Beräkningar av utsläpp från importerad stenkols-el

Nedan presenteras beräkningar för ett uppskattat värde av utsläpp av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid (jfr. Naturskyddsföreningen, u.å; Vattenfall, 2012). I *Tabell A* presenteras schablonvärden för utsläpp från stenkolsproducerad el. I *Tabell B* presenteras genomförda beräkningar för det totala svenska utsläppet för respektive ämne. Den totala elen som importeras (kWh) (200 timmar av importbehov) har multiplicerats med schablonvärdena i *Tabell A*. Detta har gjorts för både år 2019 och år 2020, samt för ett medelvärde av den totala importen under år 2019 och 2020. Detta har gett ett generaliserat värde för utsläpp som kan härledas till produktion av el från stenkol under de 200 timmar med behov av import för hela Sverige. Dessa värden presenteras i *Tabell C*.

**Tabell A.** Schablonvärde för utsläpp från energiproduktion stenkol (Naturskyddsföreningen, u.å; Vattenfall, 2012)

Kg CO <sub>2</sub> eq /kWh	Kg NO <sub>x</sub> /kWh	Kg SO <sub>2</sub> /kWh
0,82	0,00145	0,00071

**Tabell B.** Beräkningar av utsläpp från totalt antal importerade kWh stenkolsproducerad el för hela Sverige

År	Total import (kWh)	Beräkning Kg CO <sub>2</sub> eq	Beräkning Kg NO <sub>x</sub>	Beräkning Kg SO <sub>2</sub>
<b>2020</b>	497051990	497051990 * 0,82	497051990 * 0,00145	497051990 * 0,00071
<b>2019</b>	544123500	544123500 * 0,82	544123500 * 0,00145	544123500 * 0,00071
<b>Medel-värde</b>	520587745	520587745 * 0,82	520587745 * 0,00145	520587745 * 0,00071

**Tabell C.** *Utsläpp från stenkol under effekttoppar (200 h) för hela Sverige.*

År	Total import kWh (effekttoppar)	Kg CO <sub>2</sub> eq	Kg NO <sub>x</sub>	Kg SO <sub>2</sub>
2020	497051990	407582631,8	720725,3855	352906,9129
2019	544123500	446181270	788979,075	386327,685
Medel -värde	520587745	426881950,9	754852,2303	369617,299

## Bilaga 2: Beräkningar av utsläpp från svensk elmix

Siffrorna för svensk elmix (se *Tabell 2*) utgörs av samma 200 timmar som används i *Tabell 1*. Detta gjordes för att få ut ett schablonvärde som används i beräkningar av utsläpp från den svenska elmixen, vilka utsläppsvärden kan sättas i relation till utsläppen genererat av den elproduktion som importerats.

Schablonvärden för utsläpp från den svenska elmixen har beräknats utifrån data från Vattenfall (2012). Beräkningarna för koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid baseras på respektive energikälla (vindkraft, vattenkraft, kärnkraft och konventionell värmekraft) som utgjorde svensk elproduktion 2019 (jfr. Eon, 2020; Vattenfall, 2012). Siffrorna för utsläppen från den konventionella värmekraften utgörs av medelvärdet för samtliga värmekraftskällor (torv, flis, kol och gas). Data för den svenska elmixen presenteras i *Tabell D*. De beräkningar som gjorts för att ta fram ett schablonvärde för utsläpp per kWh från den svenska elmixen presenteras i *Tabell E*. I *Tabell F* (schablonvärde per energikälla) och *Tabell G* (sammanslaget schablonvärde) presenteras de beräknade schablonvärdena för koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid.

De framräknade schablonvärdet för den svenska elmixen användes sedan för att beräkna utsläpp från den svenska elmixen under lika många kWh som under de 200 timmar då Sverige antas importera stenkolsproducerad el. Dessa beräkningar presenteras i *Tabell G*. I beräkningarna för den svenska elmixen används samma mängd kWh effekt som de 200 timmar av importerad el som presenterats i *Tabell B*. Hur beräkningarna för utsläpp från den svenska elmixen under samma timmar gjorts presenteras i *Tabell H*. Det generaliserade värdet för utsläpp från den svenska elmixen presenteras i *Tabell I*.

**Tabell D.** *Schablonvärden för den svenska elmixen per energikälla*

Energikälla	Procent av den svenska elproduktionen	Kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	Kg NO <sub>x</sub> /kWh	Kg SO <sub>2</sub> /kWh
-------------	---------------------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------

<b>Vindkraft</b>	12%	0,015	0,00003	0,00003
<b>Vattenkraft</b>	39%	0,009	0	0
<b>Kärnkraft</b>	39%	0,005	0,00003	0,00003
<b>Värmekraft*</b>	10%	0,6059	0,00115	0,00074

\* Värmekraften är ett snittvärde för alla olika värmekrafter; torv, flis, kol och gas eller vad det nu var.

**Tabell E.** Beräkning av schablonvärde för svensk elmix för 1 kWh

Energikälla	Beräkning CO <sub>2</sub> eq	Beräkning NO <sub>x</sub>	Beräkning SO <sub>2</sub>
<b>Vindkraft</b>	0,12 * 0,015	0,12 * 0,00003	0,12 * 0,00003
<b>Vattenkraft</b>	0,39 * 0,009	0,39 * 0	0,39 * 0
<b>Kärnkraft</b>	0,39 * 0,005	0,39 * 0,00003	0,39 * 0,00003
<b>Värmekraft</b>	0,10 * 0,6059	0,10 * 0,00115	0,10 * 0,00074

**Tabell F.** Beräknat schablonvärde för utsläpp från svensk elmix för respektive energikälla.

Energikälla	CO <sub>2</sub> eq	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>Vindkraft</b>	0,0018	0,0000036	0,0000036
<b>Vattenkraft</b>	0,00351	0	0
<b>Kärnkraft</b>	0,00195	0,0000117	0,0000117
<b>Värmekraft</b>	0,06059	0,000115	0,000074

**Tabell G.** Schablonvärde för utsläpp från svensk elmix

Kg CO <sub>2</sub> eq /kWh	Kg NO <sub>x</sub> /kWh	SO <sub>2</sub> /kWh
----------------------------	-------------------------	----------------------

0,06785	0,0001303	0,0000893
---------	-----------	-----------

**Tabell H.** Beräkningar av utsläpp från totalt antal importerade kWh från svensk elmix för hela Sverige

År	Total import (kWh)	Beräkning Kg CO <sub>2</sub> eq	Beräkning Kg NO <sub>x</sub>	Beräkning Kg SO <sub>2</sub>
<b>2020</b>	497051990	497051990 * 0,06785	497051990 * 0,0001303	497051990 * 0,0000893
<b>2019</b>	544123500	544123500 * 0,06785	544123500 * 0,0001303	544123500 * 0,0000893
<b>Medel- värde</b>	520587745	520587745 * 0,06785	520587745 * 0,0001303	520587745 * 0,0000893

**Tabell I.** Utsläpp från totalt antal importerade kWh från svensk elmix för hela Sverige

År	Total import mWh (effekttoppar)	T CO <sub>2</sub> eq	Kg NO <sub>x</sub>	Kg SO <sub>2</sub>
2020	497052	33725	65	44
2019	544124	36919	71	49
Medel- värde	520588	35322	68	46

### Bilaga 3: Beräkningar för utsläpp från bussar

**Tabell J.** Schablonvärde för utsläpp och buller från bussar (Data från: Vattenfall, 2015)

Biogas	HVO	EI
--------	-----	----



<b>CO2 eq. g/km</b>	188	325	7
<b>NOx g/km</b>	0,0000002656063138	1,1	0
<b>Partiklar PM10 g/km</b>	1,17227877	0,03	0
<b>dB under drift, dB</b>	78	77	65

**Tabell K.** *Utsläpp och buller från olika busstyper under ett års körsträcka i Uppsala.*

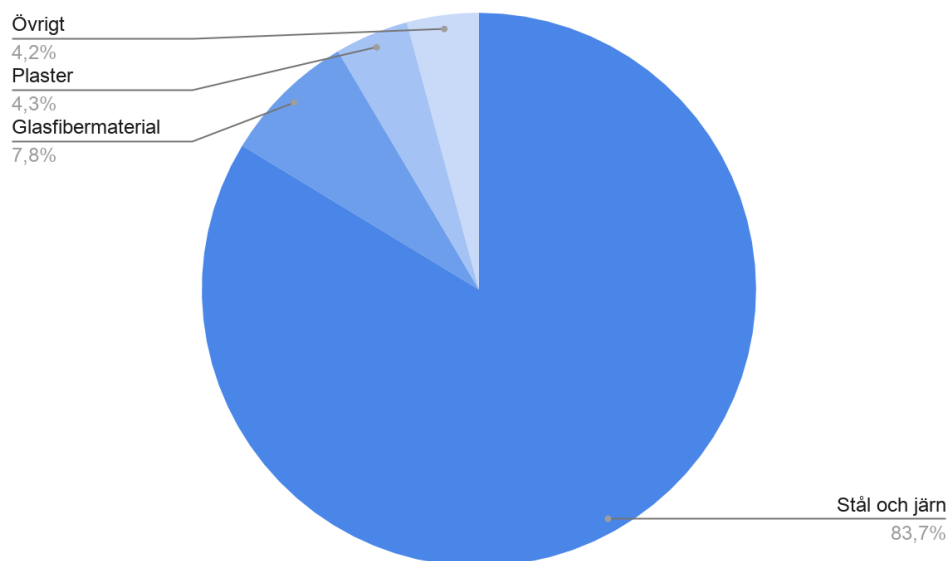
	<b>Biogas</b>	<b>HVO</b>	<b>El</b>
<b>CO2 eq. kg/år</b>	188000	325000	7000
<b>NOx kg/år</b>	0,0003	1100	0
<b>Partiklar PM10 kg/år</b>	1172	30	0
<b>dB under drift</b>	78	77	65

#### Bilaga 4: Involverade personer i detta projekt:

**Tabell L.** *Personer som bidragit med input kring rapportens innehåll.*

<b>Person</b>	
<b>Marcus Krell (WSP)</b>	Intervju
<b>Markus Lindhal (RISE)</b>	Intervju
<b>Magnus Berg (Vattenfall)</b>	Intervju
<b>Joachim Lindborg</b>	Brainstorm
<b>Rafael Waters</b>	Brainstorm
<b>Cajsa Bartusch</b>	Bidragit med material (mailkontakt)

## Bilaga 5: Fördelning av material för ett vindkraftverk



Figur A: Fördelning av material för ett vindkraftverk (Data från: Energimyndigheten, 2020)

## Bilaga 6. Beskrivning av Sveriges miljökvalitetsmål

Tabell M. Sveriges miljökvalitetsmiljö

Nummer	Sveriges miljökvalitetsmål	Beskrivning
1	Begränsad klimatpåverkan	<i>Halten av växthusgaser i atmosfären ska stabiliseras på en nivå att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig.</i>
2	Frisk luft	<i>Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas.</i>
3	Bara naturlig försurning	<i>De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål.</i>
4	Giftfri miljö	<i>Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller biologisk mångfald.</i>
5	Skyddande ozonskikt	<i>Ozonskiktet ska utvecklas så att det långsiktigt ger skydd mot skadlig UV-strålning</i>
6	Säker strålmiljö	<i>Människors hälsa och den biologiska mångfalden ska skyddas mot skadliga effekter av strålning.</i>

<b>7</b>	Ingen övergödning	<i>Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheter till användning av mark och vatten.</i>
<b>8</b>	Levande sjöar och vattendrag	<i>Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska funktion ska bevaras.</i>
<b>9</b>	Grundvatten av god kvalitet	<i>Grundvattnet ska ge en säker dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i vattendrag.</i>
<b>10</b>	Hav i balans samt levande kust och skärgård	<i>Haven ska ha en hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. Kust och skärgård ska ha en bred biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Nyttjande av hav, kust och skärgård ska bedrivas så att en hållbar utveckling främjas.</i>
<b>11</b>	Myllrande våtmarker	<i>Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet ska bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden.</i>
<b>12</b>	Levande skogar	<i>Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden, kulturmiljövärden och sociala värden värnas.</i>
<b>13</b>	Ett rikt odlingslandskap	<i>Odlingslandskapets värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks.</i>
<b>14</b>	Storslagen fjällmiljö	<i>Fjällen ska ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Verksamheter i fjällen ska bedrivas med hänsyn till dessa värden och så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar.</i>
<b>15</b>	God bebyggd miljö	<i>Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas.</i>
<b>16</b>	Ett rikt växt- och djurliv	<i>Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och</i>

*ekosystemen samt deras funktioner och processer ska värnas. Arter ska kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor ska ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd.*

## Bilaga 7: Miljödeklaration

# Miljödeklaration



En miljödeklaration är ett verktyg för att partners till Live-in Smartgrid ska reflektera över sin miljöpåverkan. Denna deklaration utgörs av Sveriges 16 miljökvalitetsmål. Dessa mål är riktmärken för det svenska miljöarbetet som ska vägleda landet mot en hållbar utveckling. Systemet av Sveriges miljömål är ett nationellt genomförande av den ekologiska dimensionen av de globala hållbarhetsmålen.





Samhällets olika sektorer, industrier och företag ger upphov till olika typer och grader av miljöpåverkan. Världens alla samhällen behöver genomgå stora samhällsomställningar för att kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta till kommande generationer. Ett viktigt steg är att rannsaka sin egen påverkan.











På följande sidor kan du fylla i miljöpåverkan utifrån Sveriges 16 miljö kvalitetsmål. Kryssa i de rutor som stämmer bäst in. Välj sedan ut 2 särskilt positiva och 2 särskilt negativa som du kan skriva en kort kommentar om. På de sista sidorna finns mer information om Sveriges miljö kvalitetsmål.

## Instruktioner

Fyll i positiv och negativ miljöpåverkan utifrån målen till bästa förmåga. Utgå från ditt projekt. För varje enskilt miljö kvalitetsmål kan projektet bidra med både positiv och negativ påverkan. Tänk på att inkludera ett internationellt perspektiv, då många miljömål ofta inte stannar innanför Sveriges gränser utan påverkas av det som vi ger upphov till och som sker i andra länder. Om du är osäker på vad miljö kvalitetsmålen innebär, se en beskrivning längst ner i dokumentet. Tabellen nedan visar skalan som du ska utgå från när du värderar miljöpåverkan. På nästa sida kan du fylla i deklARATIONEN.

	Mycket negativ påverkan
	Negativ påverkan

	Neutral påverkan
	Positiv påverkan
	Mycket positiv påverkan

Miljö kvalitetsmål:						Kommentar:
1. Begränsad klimatpåverkan						
2. Frisk luft						
3. Bara naturlig försurning						
4. Giftfri miljö						
5. Skyddande ozonskikt						

6. Säker strålmiljö						
7. Ingen övergödning						
8. Levande sjöar och vattendrag						
9. Grundvatten av god kvalitet						
10. Hav i balans och levande kust och skärgård						
11. Myllrande våtmarker						
12. Levande skogar						
13. Ett rikt odlingslandskap						
14. Storslagen fjällmiljö						
15. God bebyggd miljö						
16. Ett rikt växt- och djurliv						

## Sveriges miljö kvalitetsmål:



### **Mål 1** - Begränsad klimatpåverkan

- Detta mål berör utsläpp av växthusgaser (t.ex. koldioxid).
- Förbränning av fossila bränslen för el- och värme i industriprocesser och för transporter svarar för det största bidraget till klimatförändringen både i Sverige och världen.



### **Mål 2** - Frisk luft

- Luften ska vara så pass ren (från t.ex. partiklar och kväveoxid) att människor, djur och natur inte tar skada.
- Vägtrafik är en stor källa till luftförorening i framförallt tätorter.





### Mål 3 - Bara naturlig försurning

- De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål.
- Ämnen som bidrar till försurning är kväveoxid, svaveldioxid och ammoniak. De kommer framförallt från väg- och sjötrafik, värme- och elkraftverk, industrier och jordbruk.



### Mål 4 - Giftfri miljö

- Förekomsten av ämnen i miljön som har utvunnits ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.
- Exempel på ämnen är metaller och PSAS



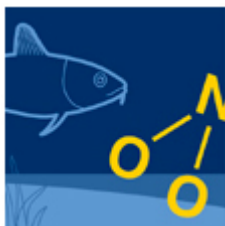
### Mål 5 - Skyddande ozonskikt

- Ozonskiktet ska utvecklas så att de långsiktigt ger skydd mot skadlig UV-strålning.
- Exempel på ämnen som bryter ner ozonskiktet är klorerade ämnen från t.ex. kylskåp och skumplast.



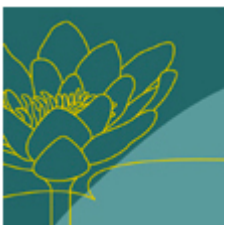
### Mål 6 - Säker strålmiljö

- Människors hälsa och den biologiska mångfalden ska skyddas mot skadliga effekter från strålning.
- Exempel på förekomsten av strålning är från kärnkraftsreaktorer



### Mål 7 - Ingen övergödning

- Halterna av gödande ämnen ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, biologisk mångfald och mark- och vattenanvändning.
- Övergödning orsakas av höga halter av kväve och fosfor i mark och vatten. Biltrafik och jordbruk är exempel.



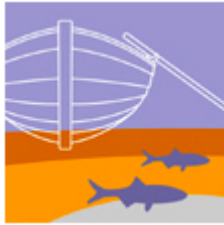
### Mål 8 - Levande sjöar och vattendrag

- Sjöar och vattendrag ska vara ekologisk hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras.
- Negativ påverkan från t.ex. jordbruk och vattenkraftverk är vanligt.



### Mål 9 - Grundvatten av god kvalitet

- Grundvattnet ska ge en säker dricksförsörjning samt ge en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag.



#### **Mål 10** - Hav i balans och levande kust och skärgård

- Västerhavet och Östersjön ska ha en hållbar produktionsförmåga och biologisk mångfalden ska bevaras.
- Kust och skärgård ska ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelse och natur-och kulturvärden.
- Problem är t.ex. ökad bebyggelse och trafik.



#### **Mål 11** - Myllrande våtmarker

- Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras.
- Påverkas av t.ex. markavvattning, skogsbruk och kvävenedfall.



#### **Mål 12** - Levande skogar

- Skogens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som biologisk mångfald och kulturvärden värnas.
- Påverkas dels av skogsbrukets intensitet och dels av skogsbete och naturliga störningar har minskats.



#### **Mål 13** - Ett rikt odlingslandskap

- Livsmedelsproduktionen ska skyddas samtidigt som biologisk mångfald och kulturmiljövärden skyddas.
- Problem är bl.a. intensivt jordbruk och att vissa marker har slutat att brukas.



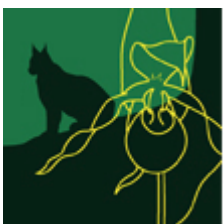
#### **Mål 14** - Storslagen fjällmiljö

- Fjällen ska ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller bl.a. biologisk mångfald och upplevelsevärden.
- Problem uppstår vid t.ex. gruvindustri, vind-och vattenkraft och ökande turism.



#### **Mål 15** - God bebyggd miljö

- Bebyggd miljö ska utgöra en god livsmiljö samt medverka till en god regional och global livsmiljö.
- Miljöpåverkan kommer ofta från bygg-och fastighetssektorn, återvinning och transporter.



#### **Mål 16** - Ett rikt växt- och djurliv

- Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt. Arternas livsmiljöer ska värnas.
- Problem uppstår ofta till följd av intensivt nyttjande av vatten och mark, och det största problemet är förlust av habitat.



# Källor

- Andersson, E. (2016). *Vidareutveckling av metod för bedömning av miljöpåverkan i samhällsekonomiska analyser vid investeringar i det svenska elstamnätet*. Examensarbete. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet  
[https://stud.epsilon.slu.se/9224/1/andersson\\_e\\_160620.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/9224/1/andersson_e_160620.pdf)  
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/>
- Belok. (2015). *Miljoner att spara på energieffektiva storkök* [broschyr].  
[http://belok.se/download/genomforda\\_projekt/Belok\\_stork%C3%B6k\\_broschyr.pdf](http://belok.se/download/genomforda_projekt/Belok_stork%C3%B6k_broschyr.pdf)
- Bergström, G. & Boréus, K. (2012). *Textens mening och makt: metodbok i samhällsvetenskaplig text- och diskursanalys*. Lund: Studentlitteratur
- Bussmagasinet. (2019). *Fossilfritt och palmoljafritt i Uppsala*. Bussmagasinet 13 augusti 2019. <https://www.bussmagasinet.se/2019/08/fossilfritt-och-palmoljafritt-i- uppsala/>
- Dahl, E. (2019). *Batterilagring och dess nytta i elnätet*. Examensarbete. Umeå: Umeå Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1393365/FULLTEXT01.pdf>
- Dryzek, J. (2005). *The politics of Earth - Environmental Discourses*. New York: Oxford University Press
- Dunn, J.B., Gaines, L., Kelly, J.C., James, C. & Gallagher, K.G. (2015). The significance of Li-ion batteries in electric vehicle life-cycle energy and emissions and recycling's role in its reduction. *Energy Environ. Sci.*, 8. 158-168.  
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/ee/c4ee03029j#!divAbstract>
- Emilsson, E. & Dahllöf, L. (2019). *Lithium-Ion vehicle battery production*. Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute.  
<https://www.ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf>
- Energimyndigheten. (2020). *Vindkraftens resursanvändning*.  
<https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/energi/vindkraft/Vindkraftens-resursanvandning-slutversion-20201012.pdf>
- Eon. (2020). *Vad är elbrist, effektbrist och nätkapacitetsbrist?* <https://www.eon.se/om-e-on/kapacitetsbristen/elbrist-effektbrist-naetkapacitetsbrist>
- GUB. (2019). *Biogas*. <https://www.gub.se/gub/miljo/fossilfritt-drivmedel/biogas/>
- Habermas, J., & Rehg, W. (1997). *Contributions to a discourse theory of law and democracy*. Polity Press.
- Heimer, J. (2019). *Stadsbussarna körs helt fossilfritt*. Upsala Nya Tidning, 17 augusti 2019.  
<https://unt.se/nyheter/ uppsala/stadsbussarna-kors-helt-fossilfritt-5383587.aspx>
- Hemsol. (2021). *Solcellers miljöpåverkan*. <https://hemsol.se/vanliga-fragor/solenergi-och-solceller-miljopaverkan/>
- Johansson, M. (2017). *Energilagring i vätgas*. Examensarbete. Luleå: Luleå Tekniska Universitet. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1135186/FULLTEXT01.pdf>
- Kesselfors, S. (2017). *Tiundaskolan först med energilagring från miljövänligt batteri*. Energinyheter, 29 november 2017.  
<https://www.energinyheter.se/20190803/18144/tiundaskolan-forst-med-energilagring-fran-miljovanligt-batteri>

- Lindblom, M. (2018). Uppsala har slagit i eltaket. Upsala Nya Tidning 10 december 2018. <https://unt.se/start/upsala-har-slagit-i-eltaket-5155206.aspx> [2021-02-26]
- Live-in smartgrid (u.å). <https://www.live-in.se/om-live-in/>
- Louwen, A., van Sark, W. G. J. H. M., Faaij, A. P. C. & Schropp, R.E.I. (2016). Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development. *Nature Communications*, 7. <https://www.nature.com/articles/ncomms13728>
- Martinsson, F., Gode, J., Arnell, J. & Höglund, J. (2012). *Emissionsfaktor för nordisk elproduktionsmix*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b7669/1445517637082/B2118.pdf>
- Matthis, S. (2020). *Utvinning av "gröna" metaller hotar den biologiska mångfalden*. Metallerochgruvor.se, 9 september 2020. <https://www.metallerochgruvor.se/20200909/7107/utvinning-av-grona-metaller-hotar-den-biologiska-mangfalden>
- Mattsson, E., Lindblom, E. & Emilsson, E. (2021). *Miljöeffekter av elnät och energilagring*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport C 573. <https://www.ivl.se/download/18.2f05652c1775c6085c018c2/1613114321946/C573.pdf>
- Molander, S., Ahlborg, H., Arvidsson, R., Hammar, L., Kushnir, D., Wallin, A. & Westerdahl, J. (2010). *Förnybara energikällors inverkan på de svenska miljömålen*. Stockholm: Naturvårdsverket. Rapport 6391. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6391-7.pdf>
- Naturvårdsverket. (2020). *Fakta om svaveldioxid i luft*. <https://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Klimat-och-luft/Luftforeningar/Svaveldioxid/> [2021-03-13]
- Naturvårdsverket. (u.å). *Bilaga 1, Lagg om växeln - Utsläppsnivåer från olika energislag*. [https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/bilaga\\_1\\_lagg\\_om\\_vaxeln\\_utslopsnivaer\\_fran\\_olika\\_energislag.pdf](https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/bilaga_1_lagg_om_vaxeln_utslopsnivaer_fran_olika_energislag.pdf)
- Nilsson, M. & Samuelsson, S. (2015). *Energitjänst för efterfrågefleksibilitet*. Examensarbete. Linköping: Linköping Universitet Tekniska Högskolan. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:844024/FULLTEXT01.pdf>
- Nohrstedt, L. (2018). *Miljövänliga saltvattenbatterier testas i Uppsalaskolor*. Ny Teknik, 21 september 2018. <https://www.nyteknik.se/premium/miljovanliga-saltvattenbatterier-testas-i-uppsalaskola-6931837>
- Nohrstedt, L. (2017). *Här är solens mörka baksida*. Ny Teknik, 27 november 2017. <https://www.nyteknik.se/energi/har-ar-solelens-morka-baksida-6884705>
- Ripa, V., & Elouaer, J. (2015). *Kolkraft och kärnkraft - En Säkerhetssyn*. Examensarbete. Blekinge Tekniska Högskola. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:830640/FULLTEXT01.pdf>
- Rydell, J. et al. (2012). *The effect of wind power on birds and bats*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Naturvårdsverket Rapport, 6511). <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6511-9.pdf>
- Solar Region Skåne. (2020). *Vilken miljöpåverkan har solceller?* <https://solarregion.se/om-solenergi/solceller/vilken-miljopaverkan-har-solceller/>

- Strinsjö, R. & Mårtensson, H. (2016). *Livscykelanalyser i byggbranschen*. Examensarbete. Halmstad: Högskolan Halmstad. <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:953960/FULLTEXT02.pdf>
- Sveriges Miljömål. (u.å). *Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/>
- SVK. (2020). *Förbrukning och tillförsel per timme (i normaltid) 2020 (XLS)*. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/kraftsystemdata/elstatistik/>
- SVK. (2019). *Förbrukning och tillförsel per timme (i normaltid) 2019 (XLS)*. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/kraftsystemdata/elstatistik/>
- Sweco. (2020). *Lösningar för ökad flexibilitet i system - hållbarhet och utmaningar*. [https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/bu4wru\\_losningar-for-okad-flexibilitet-i-elsystemetpdf\\_1005693.html/Lsningar+fr+kad+flexibilitet+i+elsystemet.pdf](https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/bu4wru_losningar-for-okad-flexibilitet-i-elsystemetpdf_1005693.html/Lsningar+fr+kad+flexibilitet+i+elsystemet.pdf)
- Uppsala Kommun. (2020). *#uppsalaeffekten*. <https://www.uppsala.se/kommun-och-politik/sa-arbetar-vi-med-olika-amnen/sa-arbetar-vi-med-miljo-och-klimat/uppsalaeffekten/>
- Uppsala Kommun. (2018). *Energiprogram 2050*. <https://www.uppsala.se/contentassets/8c70693a41a74dd1a7ca4662f63fcd82/energiprogram-kf-2018-03-15.pdf> [2021-04-06]
- Vattenfall. (2015). *Eldrivna bussar i den moderna staden* [broschyr]. <https://www.vattenfall.se/48f0a1/globalassets/foretag/miljo/att-kora-pa-el/broschyr-laddhybridbuss.pdf>
- Vattenfall. (2012). *Livscykelanalys - Vattensfalls elproduktion i nord*. <http://www.finnskogsriket.com/pdf/livscykelanalys.pdf>
- Vattenfall. (u.å). *Kapacitetsutmaningen*. <https://www.vattenfalleldistribution.se/vart-arbete/kapacitetsutmaningen/>
- Västrafik. (u.å). *Kväveoxider. På egna ben - Faktablad*. <https://paegnaben.se/faktablad/kvaveoxider/> [2021-03-12]
- Vätgas Sverige. (u.å). *Vanliga frågor om vätgas*. <https://www.vatgas.se/faktabank/faq/>
- Åström, S., Bäckström, S., Jerksjö, M. & Fridell, E. (2013). Åtgärder för att minska utsläpp av NOx och PM2,5 från den svenska transportsektorn 2025. ss. 66. Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b7664/1449742853241/B2111.pdf>